

**CENTRO PAULA SOUZA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
FATEC SANTO ANDRÉ  
Eletrônica Automotiva**

**Henrique Gustavo Monteiro Corsi  
Jorge Henrique dos Santos Ferreira**

**GIGA DE TESTE PARA SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO VEICULAR**

**Santo André – São Paulo  
2017**

**Henrique Gustavo Monteiro Corsi**  
**Jorge Henrique dos Santos Ferreira**

**Giga de Teste para sistemas de climatização veicular**

*Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Tecnologia de Santo André, como exigência para a obtenção da graduação tecnológica em Eletrônica Automotiva.*

*Orientador: Prof. Me. Luís Roberto Kanashiro*

*Co-orientador: Prof. Me. Luiz Vasco Puglia*

**Santo André – São Paulo**  
**2017**

LISTA DE PRESENÇA

SANTO ANDRÉ, 16 de Dezembro de 2017

LISTA DE PRESENÇA REFERENTE À APRESENTAÇÃO DO  
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO COM O TEMA “GIGA DE  
TESTE PARA SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO VEICULAR” DOS  
ALUNOS DO 6º SEMESTRE DESTA U.E.

**BANCA**

PRESIDENTE:  
PROF. LUIS ROBERTO KANASHIRO \_\_\_\_\_

MEMBROS:  
PROF. LUIZ VASCO PUGLIA \_\_\_\_\_

PROF. FERNANDO GARUP DALBO \_\_\_\_\_

**ALUNO:**

Henrique Gustavo Monteiro Corsi \_\_\_\_\_

Jorge Henrique dos Santos Ferreira \_\_\_\_\_

## DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho a minha família, meus pais, minha namorada e aos meus amigos que incentivaram, apoiaram e acreditaram na conclusão de mais esta etapa da minha vida, ao concretizar este projeto.*

*Henrique Corsi*

*Dedico este trabalho a minha família, minha esposa, meus pais e filhos e todos os amigos que acreditaram na minha conquista pessoal ao concretizar este trabalho.*

*Jorge Henrique*

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus e a todos os funcionários dessa instituição de ensino, que iniciaram em 2007 com seriedade e dedicação os trabalhos da FATEC Santo André e hoje continuam contribuindo para manter a qualidade no ensino e um espaço bem estruturado.

Ao corpo docente pelo comprometimento e empenho em transmitir vosso conhecimento, em especial aos Professores: Alexsander Tressino, Carlos A. Morioka, Marco Fróes, Armando Laganá, Fernando Guarup Dolbo, Wagner Massarope, Cleber William, Wesley Torres e Edson Kitani por auxiliarem também em nosso crescimento profissional e pessoal.

Aos nossos orientadores Luís Roberto Kanashiro e Luiz Vasco Puglia, que acreditaram nesse projeto e contribuíram muito para a realização do mesmo.

Aos ex-colegas de classe e hoje amigos por compartilharem de todos os momentos bons e ruins durante esse árduo e longo processo de graduação.

A todos que de alguma forma contribuíram na realização deste trabalho.

## RESUMO

O conforto térmico é hoje um diferencial entre os veículos automotores, atingir conforto térmico ideal mantendo o desempenho de rodagem, com menor consumo de combustível possível, estes não os grandes desafios na hora de se desenvolver um sistema eficiente. Nos tempos atuais quase todos os veículos são produzidos nas montadoras com sistemas de climatização veicular, até mesmo os carros mais básicos. Nos sistemas de climatização veicular, os projetos, implementações, testes e resultados são de propriedade das montadoras, tornando o acesso as informações cada vez mais difícil. Neste estudo de caso, propõe-se a construção de um sistema que colete dados de diferentes modelos, comparando a sua eficiência e permitindo avaliar e testar componentes dos sistemas de climatização veicular, este equipamento recebe o nome de Giga de testes para sistemas de climatização veicular. Contudo é necessário estudar cada componente com maior profundidade para poder desenvolver novos métodos e obter melhores resultados. Com esta giga de teste será possível realizar testes com novos componentes e automatizar ainda mais o sistema, tornando mais eficiente, barato e competitivo.

Palavras-chaves: Conforto, Testes de Componentes, Eficiência, Desenvolvimento.

## **ABSTRACT**

Nowadays thermal comfort is a factor that makes a difference among motor vehicles, reaching optimal thermal comfort while keeping performance with the lowest possible fuel consumption is not the only challenge when an efficient system is being developed. Currently, most of all vehicles manufactured, including basic models, carry an air conditioning vehicular system. The access to information regarding these systems is increasingly difficult since all the tests, results and implementation data belong to the automakers. The proposition of this case study is to build a system that gathers information about different models, comparing their efficiency and allowing evaluation and testing of air conditioning components. This equipment is called Giga of tests for vehicular air conditioning systems. Nevertheless, each component must be studied in greater depth in order to develop new methods and achieve better results. This test jig will enable new components analyses and further automation of the system making it cheaper, more effective and competitive.

Keywords: Comfort, Component testing, efficient, developed.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01- Sistema de Climatização veicular.....	14
Figura 02- Veículo Packar 1939.....	16
Figura 03- Giga de teste para climatização veicular.....	18
Figura 04- Placa com micro controlador 18F4550 .....	19
Figura 05- PIC 18F4550 .....	22
Figura 06- Imagem da transmissão por polia e Correia utilizada .....	24
Figura 07- Visão Histórica da aplicação do R744 na refrigeração .....	29
Figura 08- Propriedades Físicas-Químicas .....	31
Figura 09- Componentes do Sistema de Climatização veicular .....	35
Figura 10- Compressor do sistema de climatização veicular.....	37
Figura 11- Polia Magnética do Compressor .....	38
Figura 12- Condensador e Evaporador do sistema de climatização veicular .....	39
Figura 13- Filtro secador e Válvula de expansão .....	40
Figura 14- Filtro de Ar do habitáculo .....	42
Figura 15- Circuito de alta e de baixa pressão .....	44
Figura 16- Parte estrutural da Giga .....	48
Figura 17- Diagrama de blocos .....	50
Figura 18- Fonte chaveada 24V – 20A .....	51
Figura 19- Display LCD 16x2 .....	51
Figura 20- Placa PIC 18F4550 .....	52
Figura 21- Circuito de controle I/O .....	53
Figura 22- Quadro com circuito de controle I/O .....	54



Figura 23- Circuito de acionamento manual .....	56
Figura 24- Placa montada para Teste Relé .....	57
Figura 25- Setup para abastecimento de fluido refrigerante .....	60
Figura 26- Teste de filtro de ar da cabina .....	61
Figura 27- Funcionamento do ventilador .....	62
Figura 28- Troca de calor com o ambiente externo .....	63

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1- Consumo médio de acessórios transmitido por correias .....	25
Tabela 2- Algumas características dos fluidos R-12, R-134a, CO <sub>2</sub> .....	30

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CFCs	Cloro Flúor Carbono
HFC	Hidrofluorcarbono
PFC	Porfluorcarbono
HC	Hidrocarbonato
CO2	Dioxido de Carbono
ODP	<i>Ozone Depletion Potencial</i> (Destruição da Camada de Ozônio – é o índice baseado na referência do R11(100%) – Ex: R22 tem ODP=0,05 (5%) em relação ao R11)
GWP	<i>Global Warning Potencial</i> (Potencial de Aquecimento Global – é um índice que compara o efeito do aquecimento produzido pelos gases na atmosfera ao longo do tempo – Ex: 1Kg deR404A=3260KgCO2)
CR	Cloroprene
PAFTT	" <i>Programme for alternative fluorcarbono toxicity testing</i> ", Programa para testes alternativos de toxicidade de fluorcarbonetos.
DLC	Comprimento dos dados da mensagem CAN
ID	Identificador
IDE	Identificador de extensão
EOF	Fim de Frame
LabVIEW	<i>Laboratory Virtual Instruments Engineering Workbench</i>
SAE	<i>Society of Automotive Engineering</i>
SOF	<i>Bit</i> de início da transmissão
RPM	Rotação Por Minuto
RTR	Pedido de Transmissão Remota
VI	<i>Visual Instrument</i>

## Sumário

1	INTRODUÇÃO .....	14
1.1	Motivação .....	14
1.2	Histórias do sistema de climatização veicular .....	15
1.3	Objetivos Gerais .....	17
1.3.1	Objetivos específicos .....	17
1.4	Metodologia .....	17
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	20
2.1	Fenômenos Físicos .....	20
2.2	Microcontrolador .....	22
2.3	Transmissão Mecânica.....	23
2.4	Fluido Refrigerante .....	25
2.4.1.	Fluido refrigerante natural.....	28
2.4.2	Gás refrigerante R-134a .....	30
2.4.3	Gás refrigerante R-1234yf .....	32
2.4.4	Conclusões sobre os gases.....	34
2.5	Componentes do Sistema de climatização Veicular .....	34
2.5.1	Compressor do sistema de climatização veicular .....	36
2.5.2	Condensador e Evaporador.....	38
2.5.3	Filtro secador e Válvula de expansão.....	40
2.5.4	Filtro de Ar do Habitáculo .....	41
2.5.5	Sistema de recircular .....	42
2.6	Ciclo básico do sistema de refrigeração .....	43
2.6.1	Circuito de alta e de baixa pressão.....	43

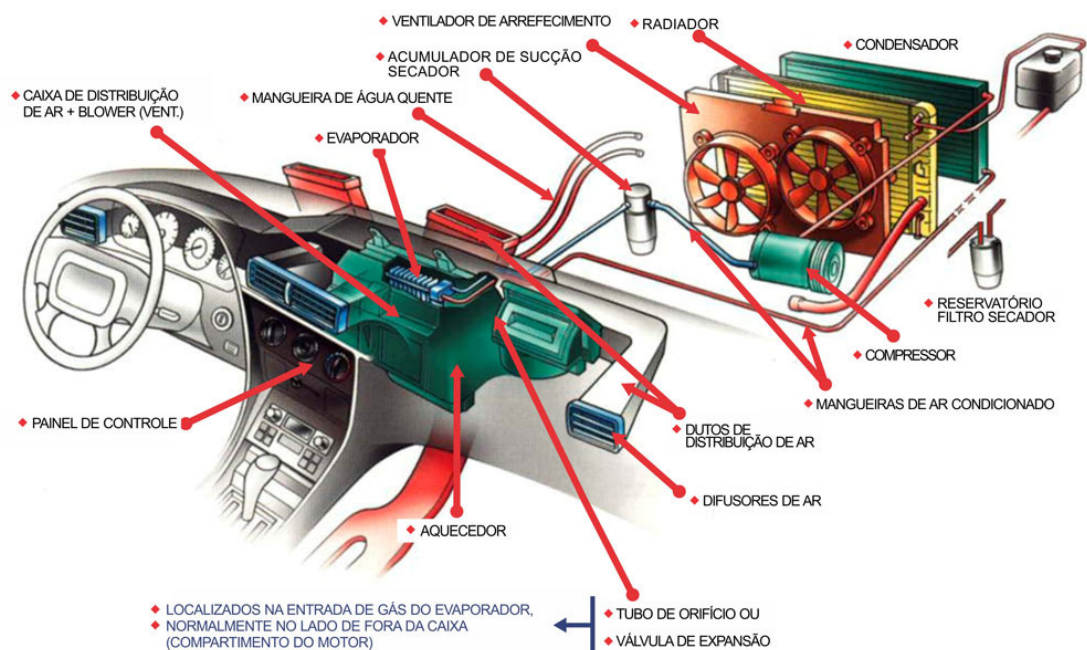
2.6.2 Princípio de funcionamento .....	45
2.7 Funcionamento do Sistema de climatização veicular .....	45
2.7.1 Conforto térmico .....	46
2.7.2 Diferença entre o ar condicionado automático e o manual .....	46
3 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO .....	48
3.1 Montagem Estrutural da Giga de Teste .....	48
3.2 Materiais Utilizados.....	49
3.3 Desenvolvimento do Sistema Eletrônico .....	49
3.4 Hardware .....	50
3.4.1 Fontes chaveada 24V - 20A .....	50
3.4.2 Displays de LCD (16x2) .....	51
3.5 Projeto da placa.....	52
3.6 Circuito de Controle Compressor e Ventilador.....	54
3.7 TESTES PRÁTICOS .....	56
3.7.1 Procedimentos de Teste .....	56
3.7.2 Teste do Relé .....	57
3.7.3 Software Desenvolvido em Linguagem C .....	58
4 RESULTADOS OBTIDOS .....	59
5 CONCLUSÃO.....	64
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	65

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 Motivação

Veículos populares com baixa potência de motorização, apresentam perda de eficiência com o uso do sistema de climatização veicular ligado, nota-se que o motor perde parte da sua potência por conta da carga que o compressor faz sobre o motor, sendo muitas vezes necessário desligar o sistema de climatização para o motor recuperar a potência perdida. Na figura 1 é possível verificar todos os componentes do sistema de climatização veicular.

Figura 1 – Sistema de climatização veicular.



Fonte: (www.oficinabrasil.com.br)

Em um sistema de climatização veicular, ocorrem fenômenos físicos importantes. A mudança de estado físico do fluido refrigerante, de líquido para o gasoso, absorvendo calor do ambiente e também do estado gasoso para o líquido, liberando calor para o ambiente. A importância de se escolher o fluido refrigerante ideal para realizar este

transporte de energia térmica é fundamental, visando a melhor eficiência e preservação do meio ambiente.

Devido a isso veio à ideia de se criar um giga de teste para sistemas de climatização veicular de baixo custo, permitindo uma melhor compreensão dos sistemas de climatização veicular e futuramente poder criar novas soluções capazes de revolucionar os sistemas de climatização e torna-los mais barato e eficiente.

Contudo foi necessário utilizar todo o conhecimento adquirido ao longo do curso de tecnologia em eletrônica automotiva, muitas pesquisas, estudos teóricos e práticos na área automobilística bem como na área de eletrônica.

As pesquisas são fundamentais para o desenvolvimento da tecnologia e para o surgimento de novas soluções. Portanto pretendemos utilizar esta giga de teste para sistemas de climatização veicular com o intuito de responder algumas destas questões, encontrado soluções práticas e eficientes.

## **1.2 Histórias do sistema de climatização veicular**

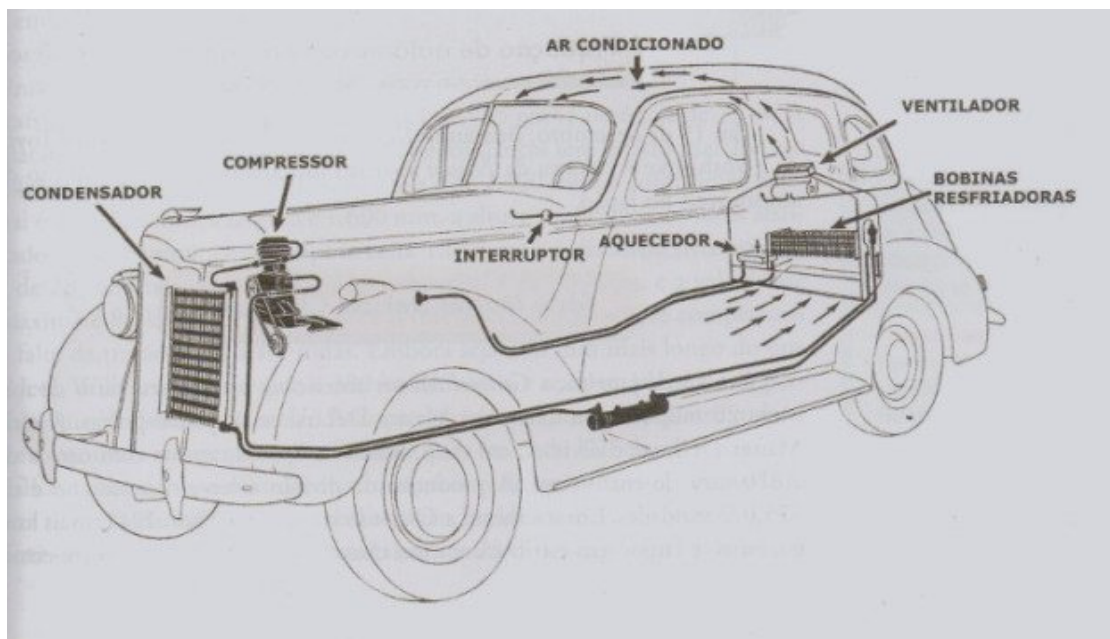
Em 1930, a Nash apresenta o primeiro sistema de ventilação moderno. O engenheiro finlandês Nils Eric Wahlberg, percebe que o deslocamento do veículo reduz a pressão de ar dentro da cabine, o que faz com que ela admita ar externo o tempo todo. A solução que ele encontrou foi manter a cabine pressurizada, com pressão interna ligeiramente maior do que a de fora. O ar é admitido sempre pela base do para-brisa, onde a pressão aerodinâmica é mais alta, ele é aquecido caso a temperatura externa estiver muito baixa, e distribuído aos passageiros por meio de ventiladores. Era chamado de Weather Eye e foi lançado comercialmente em 1938.

O primeiro carro a adotar de fábrica um sistema de climatização veicular, remotamente parecido com os atuais foi o Packar 180, também chamado de One-Eighty, lançado em 4 de novembro de 1939 como modelo 1940, como podemos observar na figura 2. Ele era capaz de filtrar o ar e aquecê-lo, no inverno, assim como o sistema paralelo.

As serpentinas, tanto de refrigeração quanto de aquecimento, eram instaladas no porta-malas, com o compressor na dianteira do carro. (“A História do Automóvel – A Evolução da Mobilidade”, de José Luiz Vieira.)

Em 1953, no Chrysler Imperial. Era o sistema Airtemp, o primeiro a trazer comando no painel. Por meio de apenas um seletor, com as posições Low, Medium e High, ele controlava só a velocidade do ar, mas foi o Nash Ambassador o primeiro a juntar em uma unidade compacta e acessível os sistemas de aquecimento e refrigeração, tudo com comando no painel e uma embreagem elétrica que desligava o compressor. Era chamado de All-Weather Eye e se tornou o padrão mundial.

Figura 2 – Veículo Packard 1939.



Fonte: (“A História do Automóvel – A Evolução da Mobilidade”, de José Luiz Vieira.)

O conforto dentro da cabine de um automóvel não está somente relacionado à manutenção da vida, mas também a sua qualidade dela. Podemos dizer que o conforto dentro de um automóvel está dividido em: Conforto térmico, Conforto luminoso, Conforto acústico, Qualidade do ar no interior do habitáculo, Ergonomia ao dirigir.



No caso do sistema de climatização, objeto de estudo deste trabalho, será feita uma revisão de sua evolução em uma linha de tempo mostrando o seu passado, seu estágio presente e as tendências futuras para este sistema.

### **1.3 Objetivos Gerais**

O desafio deste trabalho será mostrar o funcionamento do sistema de climatização veicular em uma giga de teste portátil, de baixo custo e de fácil manutenção, de modo que seja possível visualizar o seu funcionamento e os efeitos da mecânica dos fluidos dentro do sistema de climatização veicular, suas variações de pressão e temperatura, simular defeitos, podendo assim solucionar problemas e criar novos métodos de automatização, difundindo ainda mais o conhecimento em sistemas de climatização veicular.

#### **1.3.1 Objetivos específicos**

- Simular falhas que normalmente ocorrem nos veículos, tais como; restrição da passagem de ar no filtro da cabina sujo, falha na ventoinha, vazamento de gás refrigerante.
- Testar componentes protótipos em desenvolvimento, facilitando coleta de dados.
- Simular diferentes condições de uso do sistema de climatização veicular.

### **1.4 Metodologia**

A Giga de teste é uma estrutura metálica de aproximadamente um metro quadrado, onde são fixados todos os componentes de um sistema de climatização veicular, como podemos observar na figura 3. Um motor elétrico trifásico 220V com 2cv de torque está acoplado ao compressor de ar condicionado automotivo através de uma transmissão de correia e polia a mesma utilizada nos veículos automotivos. O motor será controlado por um inversor de frequência, equipamento utilizado para medir a sua velocidade angular e regular a sua velocidade de acordo com a necessidade, este equipamento é utilizado

para controlar e simulando marcha lenta e rotação máxima, mostrando no display a rotação do motor em RPM (Rotações por minuto). O compressor vai pressurizar o gás refrigerante R134a que circulará por toda a tubulação de alumínio passando pelo condensador, onde mudará para o estado líquido, até chegar no evaporador que fica dentro da caixa de ar, onde ocorre o fluido muda novamente para o estado gasoso e neste processo ocorre a troca de calor com o ar do habitáculo, neste projeto uma caixa de acrílico fará a função do habitáculo, permitindo assim controlar a temperatura interna e comparar com o ambiente externo, com um volume de ar reduzido para ficar mais rápida as observações.

Figura 3 – Giga de teste para sistemas de climatização veicular.



Fonte: (Elaborado pelo próprio autor, 2017)

Sensores dentro e fora da caixa de acrílico serão utilizados para monitorar a temperatura interna e externa, permitindo verificar a diferença de temperatura e o tempo que o sistema demora para responder aos controles do sistema.

Para fazer a aquisição destes dados será necessário à utilização de um circuito impresso com microcontrolador, construído em sala de aula, que permitirá ler o sinal dos sensores e através da programação em linguagem C, transformá-los em sinal digital para posteriormente servir de dados para que o usuário possa tomar decisões, como podemos observar na figura 4.

Figura 4 – Placa com micro controlador 18F4550.



Fonte: (Elaborado pelo próprio autor, 2017)

Uma porta USB instalada na placa de circuito impresso permite conectar a placa do equipamento a um computador, para que seja possível programar o microcontrolador utilizando linguagem C para criar novas implementações.

Inicialmente a proposta será de fazer o sistema de climatização veicular funcionar e mostrar o maior número de informações possíveis no display, posteriormente em projetos futuros, transformá-lo em um sistema automático, onde o usuário seleciona apenas a temperatura desejada o circuito toma as decisões necessárias para atingir a temperatura selecionada.

Esta placa foi produzida na Fatec Santo André, sobre a orientação do professor Edson Kitani, qualquer aluno que queira dar continuidade a este trabalho precisa confeccionar uma placa semelhante para controlar o sistema. Neste projeto a placa foi utilizada apenas nos testes práticos durante a construção do projeto, porém não foi utilizada para controlar a giga de teste, conforme o teste realizado será possível utilizar esse componente em trabalhos futuros melhorando o controle de temperatura.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 Fenômenos Físicos**

Este projeto tem como objetivo mostrar ao usuário comum os conceitos físicos e químicos que regem um sistema de climatização veicular.

Calor e temperatura são grandezas que possuem uma diferença sutil entre si, um erro muito comum é afirmar que no Nordeste faz muito calor ao invés de afirmar que as temperaturas lá são muito elevadas.

É muito comum cometer esse erro, já que o Calor e Temperatura são propriedades interligadas, que não existe calor sem temperatura.

Por definição temperatura é a quantidade de energia interna de um corpo, quanto mais moléculas agitadas dentro de uma substancia, maior será sua energia interna e conseqüentemente mais elevada é a sua temperatura. A temperatura pode ser

determinada com o auxílio de um instrumento de medição chamada termômetro. (Moysés, 1933)

Já o calor é uma forma de energia resultante da diferença de temperatura entre dois corpos. O conjunto de fenômenos que caracterizam esta passagem da forma de energia é denominado Transmissão de Calor. Teoricamente a transmissão de calor pode ocorrer isoladamente de três formas distintas: condução, convecção ou radiação. A massa dos corpos não se altera durante a transferência de calor, já a taxa de transferência de calor é maior à medida que a diferença de temperatura entre os corpos aumentar. (Moysés, 1933)

Condução é a passagem de calor entre os elementos de um sistema com outro sistema em contato, devido a um gradiente de temperatura. Resumidamente, a condução é a forma de transmissão de calor sem transporte de massa.

Convecção é uma forma de transmissão de calor pela mistura de elementos que possuem maior energia térmica com os de menor energia térmica. Esta mistura é a causadora das chamadas correntes de convecção que aparecem no interior do sistema ou sistemas. Resumidamente, a convecção é a forma de transmissão de calor com transporte de massa.

Quando este trabalho é ocasionado unicamente por uma diferença de temperatura, temos a convecção natural. Quando ele ocorre com auxílio de meios externos, temos a convecção forçada, este é o meio de transporte de calor utilizado pelo sistema de climatização veicular.

Radiação é a passagem da energia, calor através de ondas eletromagnéticas. Podemos também dizer que é a forma de transmissão de calor com transporte de energia. Convém alertar desde já que a radiação eletromagnética não é forma de energia calor em um sentido amplo, apesar de ser assim denominada em um intervalo conveniente de frequência. O efeito da radiação eletromagnética neste intervalo somente aparece quando é cruzada a fronteira de um sistema material absorvente. Quando isto ocorre há absorção de energia sendo esta energia a causa do aumento da energia interna do sistema. Por outro lado, convém lembrar que a forma de energia calor é uma forma de

energia desordenada, contrário da radiação eletromagnética que é perfeitamente ordenada. (Moysés, 1933)

Pressão é a relação entre força aplicada em uma determinada área. (Moysés, 1933). O termo pressão é utilizado em diversas áreas da ciência como uma grandeza escalar que mensura a ação de uma ou mais forças sobre um determinado espaço, podendo este ser líquido, gasoso ou mesmo sólido. A pressão é uma propriedade intrínseca a qualquer sistema, e pode ser favorável ou desfavorável para o homem, no sistema de climatização veicular a pressão aumenta com a ação do compressor de ar, que pressuriza o sistema unindo as moléculas até o fluido refrigerante se tornar líquido, posteriormente o inverso acontece quando a válvula de expansão solta o fluido refrigerante de um ambiente pressurizado para uma área maior, diminuindo assim rapidamente a pressão, como a característica do fluido é de ocupar todo o espaço disponível, ele separa as suas moléculas para preencher todo o espaço, tornado-se gasoso novamente.

## 2.2 Microcontrolador

O Microcontrolador (representada na figura 5) é um pequeno componente eletrônico, dotado de uma tecnologia programável, utilizado no controle de processos lógicos. É pequeno porque em uma única pastilha de silício encapsulada existem todos os componentes necessários para controle de um circuito. Dotado de inteligência programável porque possui uma unidade lógica aritmética, onde todas as operações matemáticas lógicas são executadas.

Figura 5 – PIC 18F4550



Fonte: (Elaborado pelo próprio autor, 2017)

A diferença principal entre microcontroladores e microprocessadores é a sua funcionalidade. Para que um microprocessador possa ser usado, é necessário que outros componentes sejam adicionados ao circuito, tais como, memória e componentes para receber e enviar dados. Já o micro controlador foi projetado para ter tudo em um só dispositivo, podendo operar sem outros componentes externos.

O micro controlador escolhido para compor este trabalho foi o PIC 18F4550, pois ele possui todos os elementos necessários para executar este projeto, tais como: Memória Tipo Flash 32(KB), memória RAM 2,048 Bytes, Data EEPROM 256 (bytes).

O microcontrolador tem a função de captar sinais externos, processar estes dados através de um algoritmo programado e realizar as ações de saída.

### **2.3 Transmissão Mecânica**

As polias são peças cilíndricas acopladas ao motor elétrico e ao compressor, a correia tem a função de transmitir a rotação do motor elétrico para o compressor. O modelo de correia e polia utilizados neste projeto são de canaletas, o qual possui uma maior área de contato e por isso menor chance de escorregamento. A polia que transmite movimento e força é a polia motora acoplada ao motor elétrico e a que recebe o movimento e a força é a polia movida acoplada ao compressor de ar condicionado. Mudando o tamanho das polias teremos relações diferente de velocidade e torque. Polia motora maior e movida menor, terá mais velocidade no compressor, porém menos torque. Os materiais empregados na confecção de uma polia são: ferro fundido, ligas leves, aço e materiais sintéticos.

Neste projeto utilizamos uma relação de aproximadamente 1:1. Como podemos observar na figura 6. No decorrer do projeto veremos que esta relação é fundamental para o bom funcionamento do projeto, como inicialmente não sabíamos o torque do compressor de ar condicionado, apenas que ele consumia 5-8% da potência do motor a combustão utilizado nos veículos. Pensávamos que os 2cv do motor elétrico seriam suficientes para tracionar o compressor, porém foram necessários vários ajustes para equilibrar o sistema. A tabela 1 representa o consumo médio de cada componente no veículo.

Figura 6 – Imagem da transmissão por polia e Correia utilizada.



Fonte: (Elaborado pelo próprio autor, 2017)

A função do esticador de correia é minimizar as folgas entre a polia e a correia, mantendo a tensão correta para evitar que a correia escorregue ou saia da canaleta.

Os problemas mais comuns que podem ocorrer com os sistemas de transmissão por polia e correia são: Rachaduras caso a correia fique em exposição ao tempo, derrapagem na polia e vibração excessiva quando a tensão é insuficiente na polia movida e o rompimento da correia em casos de cargas momentâneas excessivas. Toda correia tem que passar por verificações periódicas, pois se não estiver em bom estado pode comprometer o funcionamento do sistema. Nos veículos é muito comum ouvir ruídos estranhos de correia patinando toda vez que o sistema de climatização é acionado, pois o torque para iniciar o movimento do compressor é muito alto, e normalmente os usuários não se preocupam em trocar a correia na quilometragem correta. Mas em caso de quebra da correia ela pode danificar outros componentes e acabar parando o veículo.



Tabela 1 – Consumo médio de acessórios transmitido por correias.

<b>Acessórios</b>	<b>Consumo de potência média na Rotação Max, potência (% potência bruta)</b>
Ventilador	8,0 – 15,0%
Alternador	0,5 – 2,0%
Compressor	0,5 – 1,0%
Direção Hidráulica	0,5 – 1,0%
Ar Condicionado	5,0 – 10,0%

Fonte: (Notas de Aula do Professor Celso João, no curso de Tecnologia Automotiva na Fatec Santo André, 2015)

O compressor do sistema de climatização veicular é um dos principais consumidores de potência do motor, logo influencia diretamente no consumo de combustível. Daí a necessidade de tornar o sistema mais eficiente, muitos pelo custo do combustível e muitos pela questão ambiental. O nosso objetivo é criar interações para que o sistema seja mais inteligente e, portanto, mais eficiente.

Existe muitas alternativas para contornar esta situação, como por exemplo desligar o compressor quando a temperatura interna estiver equilibrada ou desligar o compressor quando o veículo estiver em uma subida e o motorista necessitar de torque para manter o desempenho. Todas estas situações podem ser previstas com programação, para isso é necessário um sistema de ar condicionado inteligente.

## **2.4 Fluido Refrigerante**

Os fluidos refrigerantes são substâncias empregadas como veículos térmicos na realização dos ciclos de refrigeração, ou seja, ele absorve calor de um ambiente a ser refrigerado e transporta para o ambiente externo. Este processo é chamada de refrigeração.

Os fluídos refrigerantes que além de outras características, devem ter um baixo ponto de ebulição, passando ao estado gasoso com temperatura baixa, e baixo ponto de

congelamento para evitar a solidificação. Deve também absorver muito calor com pequena quantidade de refrigerante e não pode ser explosivo, inflamável, tóxico e causar danos ao meio ambiente.

Em 1834 Perkins refrigeração por compressão de vapor utilizando éter etílico, entre 1880 e 1920 foram utilizados amônia, ácido sulfúrico, dióxido de carbono e propano, durante o período de 1930 até 1940 foram utilizados os fluidos refrigerantes a base de Cloro Flúor Carbono (CFCs, R12). Em 1974 surgiu a Teoria da destruição do Ozônio (Molina e Rowland, 1974) e em 1987 surgiu o Protocolo de Montreal que previa a eliminação de CFCs. Em 1992 ocorreu a Convenção do Clima (UNFCCC, 1992) e depois em 1997 o Protocolo de Kyoto.

Desde o estabelecimento do Protocolo de Montreal, a indústria de Refrigeração tem procurado substitutos para os refrigerantes CFCs, nos últimos 15 anos, os fluidos refrigerantes utilizados evoluíram de três ou quatro substâncias destruidoras de ozônio para perto de cem fluídos incluindo Hidrofluorcarbono (HFC), Perfluorcarbono (PFC), amônia, dióxido de Carbono e hidrocarboneto (HC).

Desta forma, fabricantes de equipamentos, projetistas, instaladores e usuários finais têm que tomar decisões sobre quais refrigerantes escolherem para substituir estes componentes. Isto deu origem a questionamentos com respeito a implicações energéticas, ambientais e de segurança das novas substâncias, com a conclusão que não há mais um número pequeno de soluções simples.

É desejável que o refrigerante apresente uma pressão correspondente à temperatura de vaporização não muito baixa, para evitar vácuo elevado no evaporador e também, um valor baixo da eficiência volumétrica do compressor devido à grande relação de compressão.

Pressão de condensação não muito elevada, para uma dada temperatura de condensação, que é função da temperatura da água ou do ar de resfriamento, quanto menor for a pressão de condensação do refrigerante, menor será a relação de compressão e, portanto, melhor o desempenho do compressor. Além disso, se a pressão

no lado de alta pressão do ciclo de refrigeração for relativamente baixa, esta característica favorece a segurança da instalação.

O calor latente de vaporização elevado, se o refrigerante tiver um alto calor latente de vaporização, será necessária menor vazão do refrigerante para uma dada capacidade de refrigeração.

O volume específico reduzido (especialmente na fase vapor), se o refrigerante apresentar um alto valor do calor latente de vaporização e um pequeno volume específico, na fase de vapor, a vazão em volume no compressor será pequena e o tamanho da unidade de refrigeração será menor, para uma dada capacidade de refrigeração. Entretanto, em alguns casos de unidades pequenas de resfriamento de água com compressor centrífugo, é às vezes preferível que o refrigerante apresente valores elevados do volume específico, devido à necessidade de aumentar a vazão volumétrica do vapor de refrigerante no compressor, tendo em vista impedir a diminuição de eficiência do compressor centrífugo.

O coeficiente de performance elevado, o refrigerante utilizado deve gerar um coeficiente de performance elevado pois o custo de operação está essencialmente relacionado a este coeficiente.

Condutibilidade térmica elevada, um valor elevado da condutibilidade térmica do refrigerante é importante na melhoria das propriedades de transferência de calor.

A baixa viscosidade na fase líquida e gasosa, devido ao pequeno atrito fluido dos refrigerantes pouco viscosos, as perdas de carga serão menores.

Baixa constante dielétrica, grande resistência elétrica e característica de não corrosão dos materiais isolantes elétricos. Estas características são especialmente importantes para aqueles refrigerantes utilizados em ciclos de refrigeração com compressores herméticos;

Devem ser estáveis e inertes, ou seja, não devem reagir e corroer os materiais metálicos da instalação de refrigeração;

Não deve ser poluente, não devem ser tóxicos ou excessivamente estimulantes;

Apesar dos circuitos frigoríficos se constituírem em sistemas fechados, a possibilidade de vazamentos impõe que os compostos utilizados como refrigerantes apresentem nível reduzido de toxicidade, o que é satisfeito pela maioria dos CFCs.

Não podendo ser inflamáveis ou explosivos, a possibilidade de vazamentos também impõe que os refrigerantes não sejam inflamáveis, devido ao risco de incêndio e explosão.

Contudo a detecção precisa ser fácil quando houver vazamentos, facilidade de detecção do refrigerante é importante em instalações de grande porte. A rápida detecção pode evitar a perda completa da carga de refrigerante da instalação.

Devido a isso os preços precisam ser moderados e facilmente disponíveis.

A disponibilidade comercial do refrigerante está intimamente associada ao seu preço. O uso de um refrigerante ideal que apresente um custo elevado torna-se impraticável.

A informação sobre a validade do Gás Refrigerante nunca será encontrada no manual de um veículo. No interior do sistema de Ar Condicionado o fluido sofre apenas transformações físicas, de líquido para gás e de gás para líquido. Nesse caso, as propriedades do fluido são mantidas, eliminando a necessidade de troca.

Por exemplo, quando queimamos uma folha de papel, estamos transformando em cinzas, mas as cinzas não são possíveis obter papel, pois se trata de uma transformação química onde as características de um material são alteradas permanentemente. Já em uma transformação física, essas características e propriedades são mantidas. A água, por exemplo, quando colocada no congelador muda do estado líquido para sólido, mas continua sendo água, se derretermos o gelo obtemos novamente a água no estado líquido. E é isso que ocorre com o fluido refrigerante. Dependendo da pressão no sistema, a fluida irá se tornar líquido ou gasoso, infinitas vezes, sem alterar suas características.

#### **2.4.1. Fluido refrigerante natural**

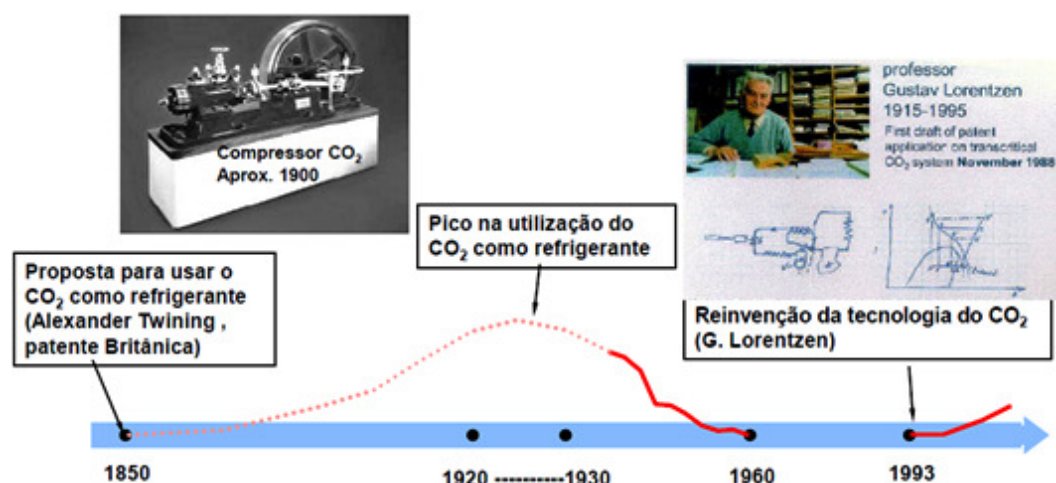
Os hidrocarbonetos, a amônia, CO<sub>2</sub> (Dióxido de Carbono), água e ar, fazem parte de um grupo de substâncias chamado de "refrigerantes Naturais". Todos "refrigerantes naturais" existem ciclos materiais da natureza mesmo sem interferência humana evolução e

inovações tecnológicas ajudaram a considerar os refrigerantes naturais como uma solução segura econômica para determinadas aplicações.

Sistemas de refrigeração com "refrigerantes naturais" deverão ter um papel cada vez mais importante no futuro como soluções técnicas.

Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>, R-744) é um fluido refrigerante que vem sendo utilizado há mais de um século, foi deixado de lado com surgimento de fluidos sintéticos mais eficientes em baixa pressão, porém com as novas exigências ambientais ele voltou a ser utilizado. Na figura 7 podemos observar o pico de utilização do CO<sub>2</sub>. Na Europa, grandes montadoras já vêm fazendo teste com este fluido. Tem boa compatibilidade química com os materiais comuns e uma solubilidade boa com diversos óleos lubrificantes. Não tem contribuído com a Destruição da camada de Ozônio (ODP) e apresenta Potencial de aquecimento global (GWP=1) que é insignificante. R-744 é classificado pelas normas como refrigerante "Tipo A". Não inflamável, não tóxico em concentrações moderadas, acima de 5% em volume no ar. O produto é de baixo custo e disponível em qualquer quantidade e em qualquer parte do mundo, suas propriedades são conhecidas e documentadas. A diferença entre CO<sub>2</sub> e outros refrigerantes comuns é sua relação pressão-temperatura, e particularmente sua baixa temperatura crítica de 31°C.

Figura 7 - Visão Histórica da aplicação do R744 na refrigeração.



Fonte: (<https://pu7imw.blogspot.com.br>)

Existem duas possibilidades de emissão de CO<sub>2</sub> para atmosfera; emissões diretas por vazamento de fluido do ar condicionado em acidentes ou emissões indiretas pela queima de combustível saindo pelo escapamento.

A redução obtida na transição do fluido R12 para o R134a foi de 65% e do R134a para o CO<sub>2</sub> houve uma redução de 50%.

#### 2.4.2 Gás refrigerante R-134a

O R-134a tem propriedades físicas e termodinâmicas similares ao R12. Pertence ao grupo dos Fluo carbonos (HFC's) parcialmente halogenados, com potencial de destruição do ozônio (ODP) iguala zero, como podemos observar na figura 8, devido ao menor tempo de vida na atmosfera, apresenta uma redução no potencial de efeito estufa de 90% comparado ao R12. A tabela 2 podemos verificar este comparativo.

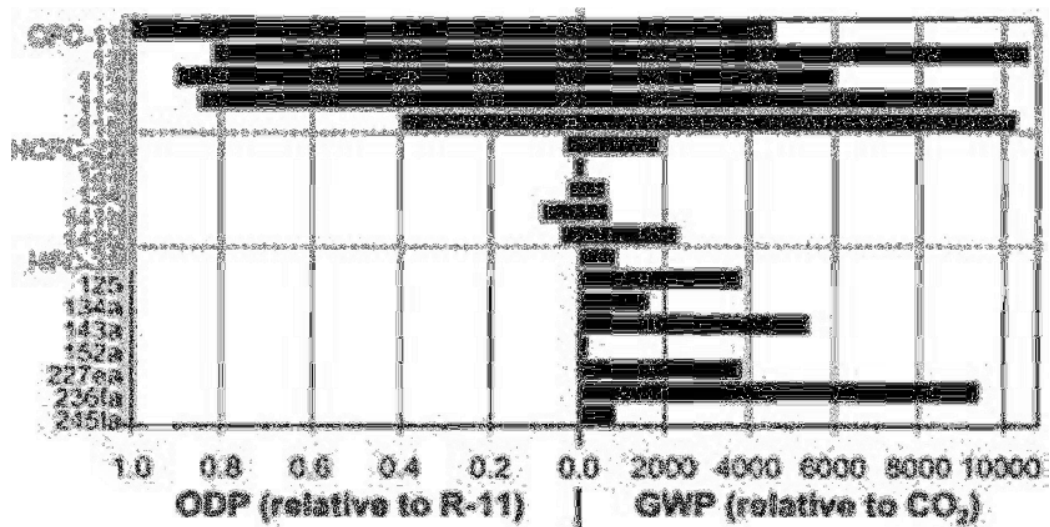
Tabela 2 - Algumas características dos fluidos R-12, R-134a, CO<sub>2</sub>

<b>Refrigerante</b>	<b>R12</b>	<b>R134a</b>	<b>CO<sub>2</sub></b>
Potencial de Destruição da Camada de Ozônio	SIM	NÃO	NÃO
Potencial de Aquecimento Global	GWP=10890	GWP=1430	GWP=1
Emissão de CO <sub>2</sub> – Operação consumo de combustível e vazamento	2600Kg/carro	2600Kg/carro	1800Kg/carro
Emissão de CO <sub>2</sub> Equivalente	7623 Kg/carro (700gr)	1001Kg/carro (700gr)	0,5Kg/carro (500gr)
Total	10223 Kg/carro	3601 Kg/carro	1800 Kg/carro

Fonte: ([http://www.mma.gov.br/estruturas/ozonio/\\_arquivos/enio\\_130.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/ozonio/_arquivos/enio_130.pdf)).

Além disso, é não inflamável, não tóxico, possui alta estabilidade térmica e química, tem compatibilidade com os materiais utilizados e tem propriedades físicas e termodinâmicas adequadas.

Figura 8 – Propriedades Físicas-Químicas



Fonte: (<http://www.epa.gov/docs/ozone/snap/fire/halo.pdf>)

As empresas Hoechst e a Dupont, grandes fabricantes de fluidos refrigerantes, produzem o R134a, sendo que a segunda começou produzindo quantidades comerciais em 50 dezembro de 1990 em Corpus Crist, Texas (Estados Unidos).

O R134a é similar ao R12, sendo compatível com todos os metais e ligas normalmente utilizados nos equipamentos de refrigeração. Deve-se evitar o uso de zinco, magnésio, chumbo e ligas de alumínio com mais de 2% de magnésio em massa.

Testes realizados de armazenamento com refrigerante líquido apresentaram boa estabilidade à hidrólise e nenhum ataque corrosivo em metais como aço inoxidável, cobre, latão e alumínio.

O R134a é isento de cloro e, por isso, apresenta boa compatibilidade com elastômeros.

Os anéis de borrachas utilizados nos sistemas com fluido R12 não são recomendadas para uso com fluido R134a, devido à um significativo aumento de volume e formação de bolhas. Como o refrigerante não é o único fluido no sistema de refrigeração, a

compatibilidade mencionada deve ser avaliada em conjunto com o lubrificante do compressor.

O R-134a não forma misturas inflamáveis com o ar sob condições normais a pressão atmosférica, mas a pode ocorrer se tornar inflamável caso à pressão esteja acima da atmosférica e se a mistura exceder a 60% de ar. Este refrigerante não deve ser usado junto com ar ou oxigênio para o caso de pressurização do sistema em teste de vazamento.

As propriedades toxicológicas do R-134a foram testadas pelo PAFT I (Programme for Alternative Fluorcarbon Toxicity Testing), programa para Teste de Toxidade de Fluorcarbonos Alternativos, que é um consórcio financiado pelos maiores produtores mundiais de refrigerantes. Os resultados indicam que o mesmo é um produto tão seguro quanto o R-12 ou mais, podendo ser utilizado em todas as aplicações na área de refrigeração.

O R-134a absorve mais água que o R-12. São necessários novos agentes dessecadores ele também penetra nas mangueiras de borracha com maior frequência que o R-12, necessita-se assim de mangueiras com forro de nylon. Os óleos baseados em minerais não providenciam lubrificação adequada em sistemas com R-134a. O óleo desenvolvido para uso com R-134a em combinação com R-12 se decompõe formando algo parecido com “lama” e vindo a danificar os sistemas. Sistema de condicionamento de ar que utilizam R-134a operam com pressões maiores daqueles com R-12.

### **2.4.3 Gás refrigerante R-1234yf**

Durante mais de vinte anos, o R134a tem-se demonstrado um gás refrigerante extremamente útil em diversas aplicações. Na realidade, é o gás refrigerante mais comum em sistemas de climatização veicular. O R134a tem um potencial de aquecimento global (GWP) de 1430, produzindo emissões diretas de gás com efeito de estufa que contribui para o total de emissões de CO<sub>2</sub> equivalente dos sistemas MAC ao longo do seu ciclo de vida. A atenção crescente sobre o impacto ambiental dos gases refrigerantes está a impulsionar a procura



de soluções de refrigeração sustentáveis que proporcionem um desempenho satisfatório de refrigeração com um menor impacto no aquecimento global.

A diretiva europeia MAC (2006/40/CE), colocada em prática em 2006, limita em 150 o GWP de gases refrigerantes MAC utilizados em veículos com novas plataformas, a partir de janeiro de 2011. A partir de 2017, esta diretiva será aplicável a todos os novos veículos automóveis.

O R1234yf é a próxima geração de refrigerantes HFO que combina benefícios ambientais com um excelente desempenho de refrigeração. Os fabricantes de equipamento da indústria de automóveis já lançaram no mercado novos modelos de veículos que utilizam R1234yf, sendo por isso o gás refrigerante com baixo GWP escolhido. O R1234yf tem apenas um GWP=4, proporcionando baixas emissões diretas de gases do efeito estufa substancialmente inferiores dos sistemas com R134a. Reduzindo significativamente a pegada de carbono dos sistemas de refrigeração ao longo de todo o seu ciclo de vida. Esta alternativa com baixo GWP tem sido exaustivamente testada e mostrou-se uma solução confiável e economicamente eficiente.

Concebido para ser utilizado em sistemas de climatização veicular, com capacidade de arrefecimento e eficiência energética idênticas ao R134a é adequado a todos os climas em todo o mundo. Atende as mais exigentes normas ambientais do mundo o seu GWP é 99,7% inferior ao R134a, seu potencial de destruição da camada de ozônio é nulo. Além de não ser tóxico.

Os pontos negativos do R1234yf é que ele é inflamável e pode exigir medidas adicionais de segurança durante a sua implementação, o seu custo de fabricação e implementação ainda é maior, por isso o produto ainda não está liberado para uso comercial. Devendo apenas ser utilizado em sistemas de ar condicionado concebidos para operar com este gás.

O produto não deve ser utilizado para retrofit de sistemas existentes que operam com R134a.

#### **2.4.4 Conclusões sobre os gases**

Na linha de esforços globais para proteção do clima, há um interesse em “refrigerantes naturais”; o uso de refrigerantes não-sintéticos, naturais, basicamente amônia (R-717), dióxido de carbono (R-744) e HC (R-600a, R-290, R-1270) está aumentando em função das suas características ambientais e de desempenho favoráveis;

Os refrigerantes naturais são muito baratos, o que tem um efeito positivo não só na carga inicial de uma instalação, mas também, considerando os custos operacionais devido aos vazamentos;

Contudo devido à questão de segurança, estima-se que os custos de investimentos para instalações usando refrigerantes naturais são mais alto que para instalações usando refrigerantes sintéticos, dependendo do tipo e tamanho do sistema.

Não há atualmente um refrigerante ideal, deve-se considerar que cada sistema tem as suas particularidades para a escolha do fluido refrigerante.

Comparando com CFCs e HCFCs o uso destas alternativas apresenta desafios técnicos, incluindo as questões de segurança e eficiência.

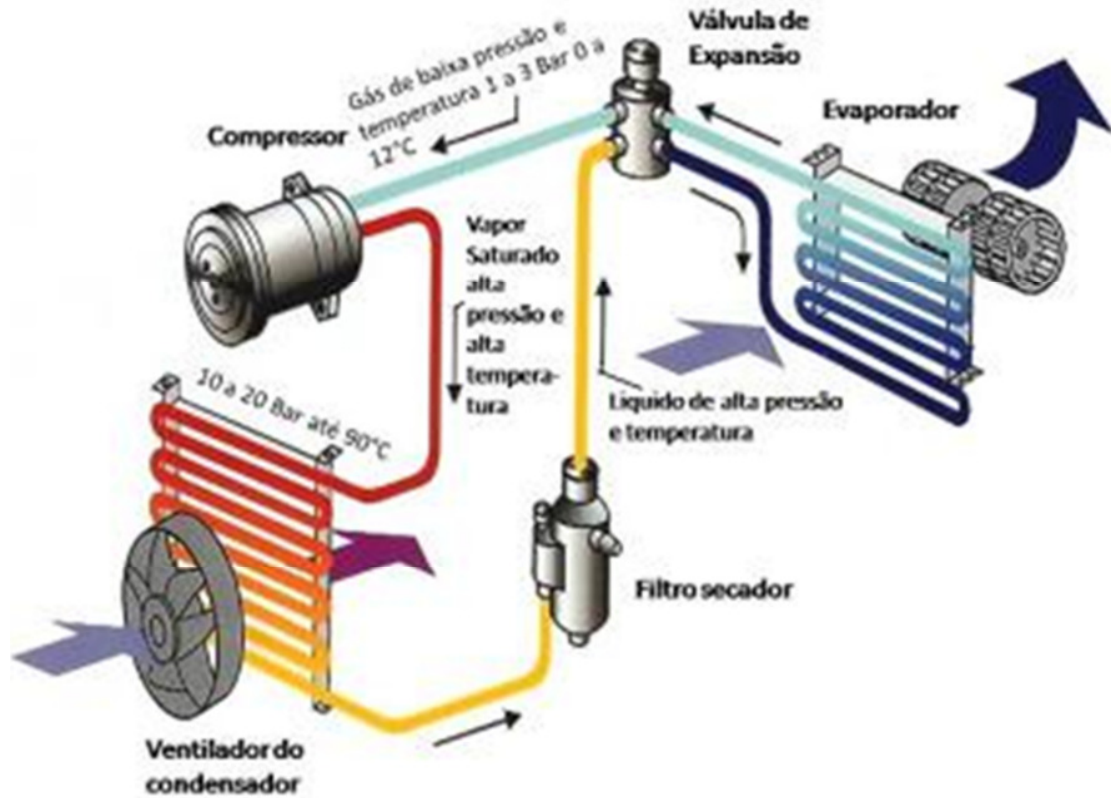
O fluido refrigerante utilizado no projeto foi o R134a, pois é o mais utilizado atualmente pelas montadoras em todo o mundo, o fato de não causar danos ao meio, não ser tóxico, nem inflamável e ainda de baixo custo de implementação são os principais fatores para que ele seja o mais utilizado.

#### **2.5 Componentes do Sistema de climatização Veicular**

Chamamos de sistema de refrigeração ou sistema de climatização veicular o processo de troca de calor forçada entre um ambiente interno e o ambiente externo, mantendo a temperatura dentro do habitáculo sob controle.

Na figura 9 podemos observar como o sistema funciona.

Figura 9 – Componentes do Sistema de Climatização Veicular



Fonte: (SILVA, 2005).

Basicamente os componentes do sistema de climatização veicular não sofreu muitas alterações nos últimos anos. Houve a mudança do fluido refrigerante por conta de uma questão ambiental, devido a isso todos os sistemas foram revisados e redimensionados, depois que o fluido refrigerante R134a entrou em operação, não houve mais interesse em mudanças novamente, pois ele atende as questões ambientais, de custo e eficiência.

A grande corrida das montadoras hoje é tornar o sistema mais automatizado possível, pois assim é possível melhorar a sua eficiência, tanto térmica quanto de consumo e custo de produção.

O sistema de climatização veicular basicamente tem a função de retirar calor de um sistema fechado (Habitáculo) e dissipá-lo no meio ambiente, através de um fluido

refrigerante, retirando o excesso de calor existente no interior do veículo e transferindo-o para sua área externa, para que ali seja dissipado ao meio ambiente.

Em termos simples, o sistema de climatização tem como função principal controlar a temperatura dentro do veículo, trazendo conforto aos seus ocupantes. Além de evitar a condensação do ar e conseqüentemente o embaçamento dos vidros em dias úmidos.

O fluido refrigerante encarregado de fazer esta transferência de calor do ambiente interno para o externo é o R134a. Para realizar esta transferência de calor o sistema é composto basicamente por: Compressor, Condensador, Filtro secador, Válvula de expansão, Evaporador e Filtro de ar do habitáculo.

### **2.5.1 Compressor do sistema de climatização veicular**

O compressor funciona como o coração do sistema de climatização veicular, ele é o responsável por promover a circulação do fluido refrigerante e do óleo lubrificante por todo o sistema de refrigeração mantendo as pressões ideais para realização da troca térmica do fluido refrigerante no sistema.

O compressor automotivo utilizado neste projeto está representado na figura 10, comprime o fluido refrigerante toda vez que a polia magnética é acionada, como podemos observar na figura 11, esta polia está fixa ao eixo principal do compressor, promovendo o movimento dos pistões do compressor, que por sua vez irá pressurizar o fluido refrigerante pelas tubulações e controlará as pressões dentro do sistema para que ocorra a troca térmica e a temperatura do fluido refrigerante seja adequada para o funcionamento do sistema.

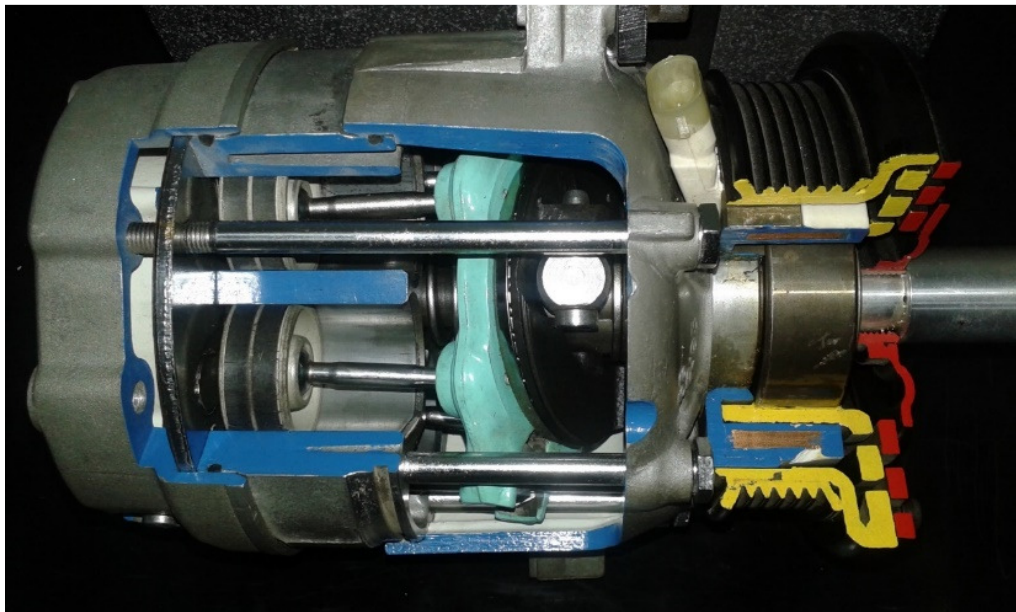
Para o compressor realizar este trabalho é preciso muito torque e quem fornece este torque é o motor a combustão através de uma transmissão realizada por polia e correia. Se a potência do motor diminui é necessária uma maior quantidade de combustível para compensar esta perda de potência e por este motivo o consumo de combustível pode aumentar em até 10%, dependendo do veículo.

Diminuir a velocidade do ar condicionado não reduz o consumo de combustível, não há relação direta da velocidade do ar condicionado com o consumo de combustível.

Explicando melhor, o seletor de velocidade do ar condicionado define apenas a rotação do ventilador da caixa de ar, ou seja, quanto maior a velocidade do ventilador maior o fluxo de ar saindo pelas aletas de ventilação. Portanto, a velocidade do ventilador em nada interfere no consumo. O aumento do consumo de combustível está diretamente relacionado ao acionamento do compressor do ar condicionado. Uma vez ligado, o sistema aumenta um pouco o consumo de combustível por exigir maior esforço motor.

Daí a necessidade de se controlar melhor o tempo que o compressor fica acionado, pois se o habitáculo já está com a temperatura desejada, para que manter o compressor ligado, roubando o torque do motor e consumindo combustível.

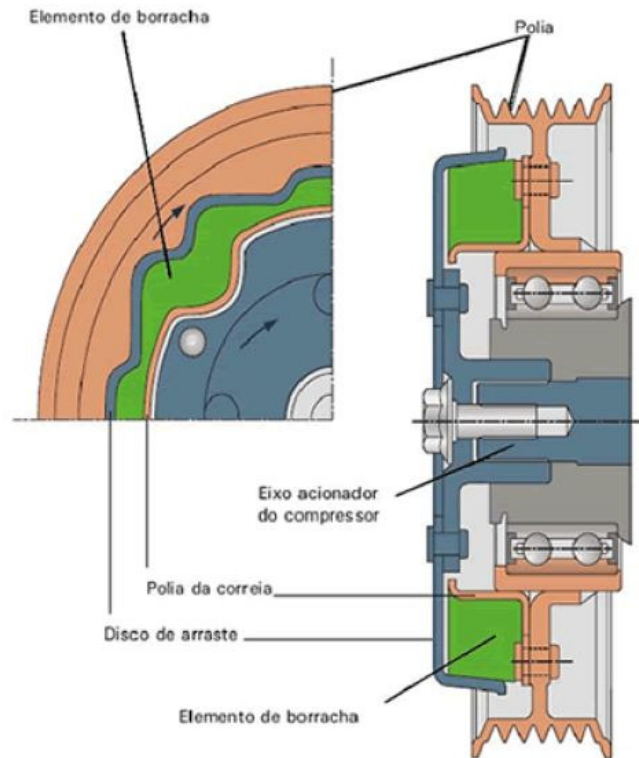
Figura 10 – Compressor do sistema de climatização veicular.



Fonte: (Elaborado pelo próprio autor, 2017)

Algumas pessoas defendem a afirmação de que quanto maior a velocidade do ventilador maior a corrente elétrica gerada pelo alternador. Daí o aumento no consumo de combustível. Devemos admitir que o raciocínio estivesse correto, contudo temos que levar em consideração que o aumento do consumo de corrente elétrica para acionar o ventilador é tão pequeno que pode ser considerada desprezível, não influenciando em nada no consumo.

Figura 11 – Polia Magnética do Compressor.



Fonte: (<http://k2arcondicionado.com.br>)

Existem vários modelos de compressores, muitas empresas estão apostando em compressores elétricos, não ficam acoplados ao motor e, portanto, não retiram dele a sua potência, melhorando o consumo de combustível. Sem falar que não ocorre mais aquele ruído desagradável quando a polia acopla ao motor, muitas vezes sentimos o motor subir o giro por conta da entrada do compressor, porém neste trabalho irá tratar apenas dos compressores por pistões.

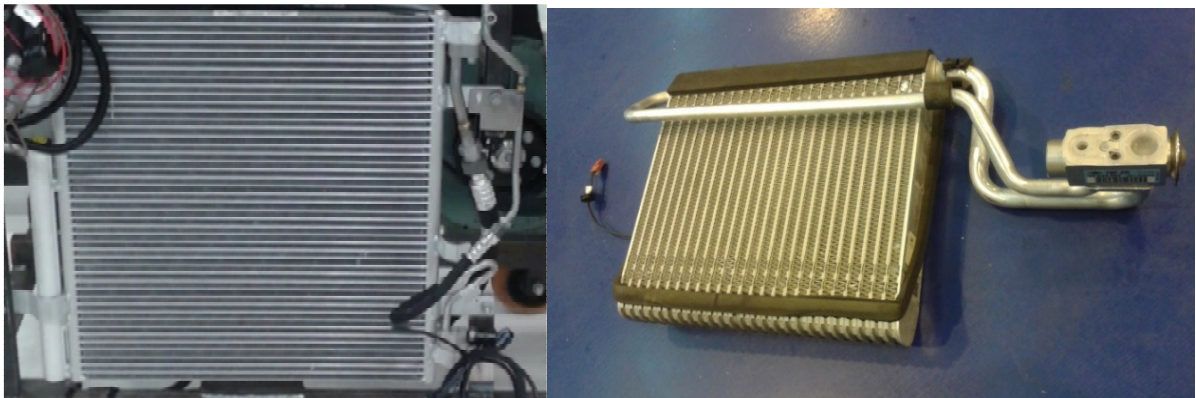
### 2.5.2 Condensador e Evaporador

O condensador é um trocador de calor montado na frente do radiador na parte frontal do veículo. Ele é responsável pela mudança do fluido de estado gasoso para líquido. Ao passar pelo condensador, o refrigerante sob alta pressão e temperatura, libera o calor através das aletas e tubulações para o ar externo, como mostra a figura 12. Neste

processo o fluido refrigerante mantém sua alta pressão e temperatura, mas perde energia térmica em forma de calor, mudando para o estado líquido ainda em alta pressão.

O Evaporador é o equipamento que realiza a troca de calor entre o interior do habitáculo com o fluido refrigerante, reduzindo a temperatura do interior do veículo. Dentro do evaporador, o fluido refrigerante sofre um fenômeno físico de evaporação, absorvendo o calor do interior da cabine do veículo através da passagem do fluxo de ar pelas aletas, como podemos observar na figura 12. No evaporador também ocorre a condensação da umidade do interior da cabina do veículo, realizando dessa forma a retirada de umidade do ar no ambiente. Este fato é observado quando se verifica um fluxo de água condensada na região inferior do veículo que se deposita no solo. A água condensada antes de ser eliminada do veículo, ela fica acumulada em uma região do sistema de climatização, denominada dreno da caixa de ar, e através de uma mangueira direciona a água condensada para parte externa do veículo.

Figura 12 – Condensador e Evaporador do Sistema de climatização veicular.



Fonte: (Elaborado pelo próprio autor, 2017)

Esse efeito é bem mais perceptível em cidades litorâneas, onde a umidade relativa do ar é maior, sendo menos percebido em cidades de clima seco.

Portanto, o gotejamento deve ser considerado normal, sendo um indício que o dreno está desobstruído e removendo o excesso de água do interior da caixa de ar.

### 2.5.3 Filtro secador e Válvula de expansão

O filtro secador, como podemos observar na figura 13, tem três diferentes funções, uma delas é reter as partículas de água contida no sistema, assim evita que esta água congele no Evaporador, já que a temperatura ali pode chegar em até  $-7^{\circ}\text{C}$ , o que prejudicaria a passagem do fluido refrigerante pelo sistema. Com a utilização do fluido R134a a exigência de novos filtros secadores se tornou mais evidente já que ele tem a característica de acumular mais água do que o R12

Figura 13 – Filtro secador e Válvula de expansão.



Fonte: (Elaborado pelo próprio autor, 2017)

A segunda função é servir como reservatório do fluido nos casos em que o sistema exige maior capacidade de refrigeração, nestes casos pode ocorrer oscilações de pressão que prejudicaria a eficiência do sistema, então o reservatório mantém a estabilidade dentro do sistema e põe fim a terceira função de reter partículas sólidas, ou seja, realiza a filtragem do fluido refrigerante, não permite que partículas circulem pela tubulação.

Durante o processo de manutenção é primordial que se evite a entrada de ar dentro do sistema, pois quando desconectamos uma mangueira e ela fica exposta, o ar da atmosfera entra dentro do sistema, levando com ele a umidade do ar, em muitos casos



podendo saturar o filtro secador sendo assim necessária realizar a sua troca. Em sistemas que não são abertos, é possível ficar com o mesmo filtro secador por toda a vida útil de veículo.

A válvula de expansão, como mostra a figura 13, controla a quantidade de fluido refrigerante que entra no evaporador, não pode deixar entrar mais do que o necessário, pois pode comprometer o bom funcionamento do circuito, se entrar muito fluido refrigerante no evaporador, ele pode condensar e assim não realizar a troca térmica desejada. Ao passar por um pequeno orifício pela válvula de expansão, o fluido refrigerante no estado líquido cai em uma câmara de grande volume, como a característica de todos os fluidos são de ocupar todo ambiente disponível, ele se evapora para preencher todo os espaços, baixando a sua pressão e com isso a sua temperatura, causando uma queda brusca de pressão e temperatura. Nestas condições, o refrigerante passa a absorver o calor do interior do veículo, já que uma ventilação forçada promove a passagem do ar por dentro das aletas do evaporador, trocando calor com o fluido refrigerante que está em baixa temperatura e entrando no habitáculo na temperatura desejada, o ar que saiu do habitáculo é lançado para a atmosfera caso o Recircular não esteja ligado.

#### **2.5.4 Filtro de Ar do Habitáculo**

Boa parte dos veículos produzidos no país sai de fábrica com um elemento filtrante cuja função é reter partículas de poeira impedindo que as mesmas cheguem ao habitáculo, como podemos observar na figura 14. Esse Filtro é fabricado em uma fibra especial de poliéster que retém partículas pequenas, como um grão de poeira, como por exemplo o Pólen, que é o responsável pela maioria das crises alérgicas.

Localizado por trás do painel, mais precisamente na caixa de ar, esse Filtro é responsável pela qualidade do ar admitido no interior do veículo, funcionando como uma barreira para partículas e impurezas.

Figura 14 – Filtro de Ar do habitáculo.



Fonte: (Elaborado pelo próprio autor, 2017)

E, assim como qualquer filtro, precisa ser substituído dentro de um prazo determinado. Quando esse período é ultrapassado o Filtro fica saturado de impurezas comprometendo sua eficiência. Nessa condição, o fluxo de ar será restringido, reduzindo consideravelmente o rendimento do sistema de climatização veicular.

Portanto, para garantir a qualidade do ar que vai para o habitáculo é preciso substituir o Filtro segundo a recomendação do fabricante do veículo, através do manual de manutenção do veículo. Fazendo isso, você evita mau cheiro ao ligar o ar condicionado, melhora o fluxo de ar que sai pelas aletas de ventilação e elimina impurezas que podem causar alergias.

### **2.5.5 Sistema de recircular**

O Sistema de Climatização do veículo aspira o ar externo, resfria e o conduz ao interior do habitáculo utilizando um ventilador elétrico montado dentro no painel. Porém, em algumas condições é interessante impedir a entrada do ar externo, trabalhando apenas o ar interno do habitáculo. Esta é a função do Recircular, um dispositivo bastante simples, constituído basicamente por uma portinhola montada na entrada da caixa de ar, sendo acionada por um cabo ou servo motor, através do painel de controle. Sua função é permitir ou não a passagem do ar externo para o interior do veículo.

Se não existisse o Recircular teríamos dificuldade em nos manter por muito tempo atrás de um caminhão, ou mesmo em um engarrafamento dentro de um túnel, pois todos os gases do ar externo seriam direcionados para o interior da cabine. Sabendo disso, devemos manter sempre o Recircular acionado, ou seja, com a portinhola fechada, abrindo as vezes para renovação do ar dentro da cabine.

Mas, não é apenas como o objetivo de impedir a entrada de fumaça proveniente de locais mais poluídos que devemos utilizar o recircular. Se o mantivermos acionado o Ar Condicionado estará trabalhando apenas com o ar interno do habitáculo, o que favorece o rendimento térmico do Sistema e aumenta a vida útil do filtro de ar, pois não haverá passagem de ar por ele.

Recomenda-se, porém, promover a renovação do ar no interior da cabine, através da abertura da portinhola do recircular, evitando a concentração de gases nocivos a respiração e ao conforto dos ocupantes do veículo.

## **2.6 Ciclo básico do sistema de refrigeração**

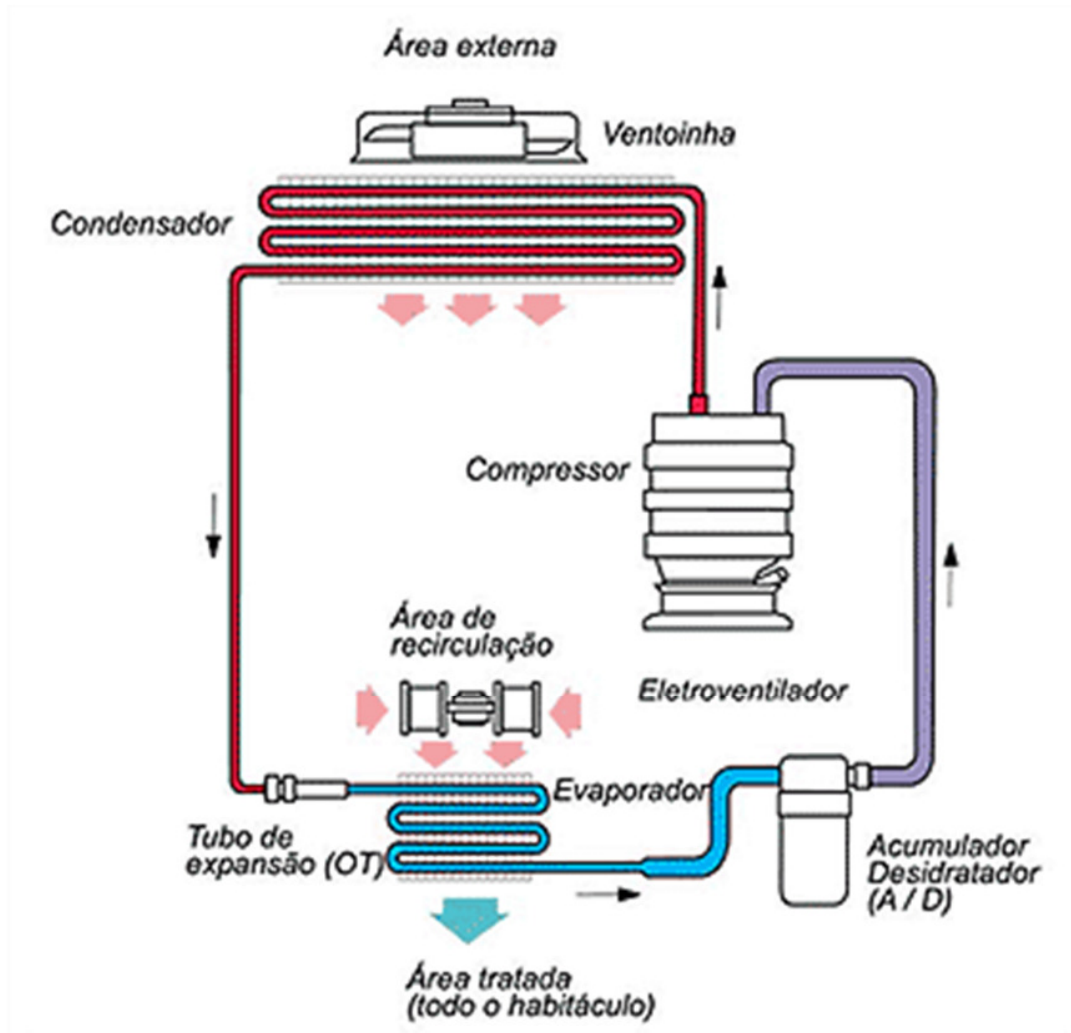
### **2.6.1 Circuito de alta e de baixa pressão**

O circuito de alta pressão representado na figura 15, inicia-se na saída do compressor e termina na entrada da válvula de expansão. Nesta fase o fluido refrigerante no estado gasoso admitido pelo compressor é comprimido, e como consequência, dá-se a elevação de sua temperatura e pressão. Ao passar pelo condensador, perde energia térmica sob a forma de calor, realiza a troca térmica com o meio ambiente, alterando seu estado gasoso para líquido ainda em alta pressão, seguindo para o filtro secador.

Com a pressão elevada sobre o fluido refrigerante ele tende a se juntar ao máximo, compactando as suas moléculas fazendo com que passe para o estado líquido.

A ventoinha tem a função de forçar esta troca térmica, percebemos que ao conduzir o veículo em alta velocidade o rendimento térmico é muito melhor, por conta da velocidade do vento na frente do veículo, porém quando parado no trânsito esta eficiência diminui, muitos veículos possuem até uma ventoinha exclusiva para o sistema de climatização.

Figura 15 - Circuito de alta e de baixa pressão



Fonte: ([http://www.arcon.srv.br/fr\\_dicas.asp](http://www.arcon.srv.br/fr_dicas.asp))

O circuito de baixa pressão inicia-se na saída da válvula de expansão e vai até a linha de admissão (entrada) do compressor. Nesta fase o fluido refrigerante após passar por uma abertura calibrada pela válvula de expansão e sair em uma câmara de grande volume (evaporador), sofre grande queda de pressão e temperatura, podendo chegar até  $-7^{\circ}\text{C}$ .

Um ventilador dentro da caixa de ar faz a passagem forçada do ar pelas aletas do evaporador, promovendo a troca térmica do ar que vai entrar na cabina com o fluido refrigerante que está em baixa temperatura, durante este processo a umidade do ar é

condensada na parede do evaporador e posteriormente conduzida através de dutos até o lado de fora do veículo.

### **2.6.2 Princípio de funcionamento**

O princípio de funcionamento de sistema de climatização, é a troca de temperatura do ambiente interno (cabine veículo) pelo externo (meio Ambiente), através da passagem do ar pelo evaporador que por contato sofre queda de temperatura, baixando a umidade relativa do ar. A refrigeração é possível graças às mudanças de estado físico do refrigerante, ora em estado líquido (alta pressão), ora gasoso (baixa pressão). Ao mudar do estado líquido para o gasoso, processo chamado de evaporação, absorve o calor do ar dentro do habitáculo, superaquecendo o gás refrigerante. De modo inverso, ao passar do estado gasoso para o líquido, o refrigerante perde calor na parte externa do veículo, processo chamado de condensação, onde o gás refrigerante passa por um processo de super resfriamento. Ou seja, perde o calor absorvido no evaporador.

### **2.7 Funcionamento do Sistema de climatização veicular**

O funcionamento de um sistema de climatização veicular é baseado não características físicas e químicas específicas do fluido refrigerante, tendo sua aplicação limitada a sistemas de refrigeração e climatização. Esse fluido, muda de estado físico, passando de estado gasoso para líquido e do líquido para o gasoso, de acordo com as condições de pressão e temperatura do sistema. Atualmente, utiliza-se o fluido refrigerante R134-A tido como ecológico por não afetar a camada de ozônio, em substituição ao fluido R12.

Para que o fluido circule pelo sistema é necessário utilizar um compressor. Esse dispositivo está fixado por um suporte ao lado do motor é acionado através de um sistema de polia e correia. Uma vez acionado o compressor gera uma diferença de pressão no sistema succionando, comprimindo e devolvendo o fluido constantemente ao sistema, elevando sua temperatura e pressão.

Após compressão, o fluido ainda no estado gasoso, é direcionado através de tubulação de alumínio para o Condensador que é um trocador de calor localizado na dianteira do veículo, à frente do radiador do motor. Essa posição é privilegiada, pois permite uma

eficaz troca térmica com o ar, retirando o calor do fluido refrigerante, baixando assim sua temperatura.

Ao sair do Condensador o fluido agora no estado líquido, mas ainda sob elevada pressão, passa por um filtro chamado de “Filtro Secador” cuja a função é reter partículas de impureza, impedindo que as mesmas danifiquem outros componentes do sistema, além do absorver a umidade presente no fluido.

Uma vez limpo, o fluido ainda no estado líquido, é direcionado para a válvula de expansão onde ocorre uma brusca variação de pressão e conseqüente queda de temperatura. Essa condição, conhecida como expansão, transforma o fluido em gotículas microscópicas semelhante a nevoa de perfume exalado por um desodorante spray.

Internamente no evaporador essa nevoa de fluido circula por um caminho, formado por pequenos tubos de alumínio curvado. Nesse momento o ventilador do sistema de climatização direciona o fluxo de ar do habitáculo do veículo ou do ambiente externo. O Ar por estar mais quente que o fluido, sede parte do seu calor, transformando o fluido novamente em estado gasoso.

Esse fluxo de ar, que realiza a troca térmica com o fluxo refrigerante, sai dos dutos de ventilação, diminuindo a temperatura no interior do veículo.

### **2.7.1 Conforto térmico**

Para atingir o conforto térmico ideal é necessário um condicionamento do ar, processo esse que regula artificialmente a temperatura, o fluxo de ar e a umidade do ar, proporcionando um ambiente agradável aos seus usuários.

O sistema de climatização veicular deve manter o ambiente do carro em condição confortável para os passageiros, mesmo que as condições do lado externo do veículo sejam desfavoráveis.

### **2.7.2 Diferença entre o ar condicionado automático e o manual**

Não há diferença em termos de rendimento térmico, já que o compressor, condensador e evaporador são semelhantes. O que difere na realidade é que no sistema automático,

são utilizados sensores de temperatura interna no habitáculo do veículo e na parte externa monitorando as diferentes temperaturas, existe também sensor de incidência de raio luminoso, que informa se o veículo está sob a influência de raios solar. Com base nessas informações uma central eletrônica aumenta ou diminui a velocidade do ventilador do painel, variando o fluxo de ar para o interior do habitáculo.

Um conjunto de motores elétricos aciona as portinholas por onde passa o ar no painel, misturando o ar mais quente ao ar mais frio, num processo conhecido como Mix controlando a temperatura do ambiente. Ou seja, a principal vantagem do sistema automotivo é que basta selecionar a temperatura desejada e esperar que o Ar Condicionado realiza o controle da temperatura no interior do habitáculo não necessitando realizar ajustes no painel do controle. O Sistema automático oferece muito mais comodidade, além é claro de deixar o carro mais sofisticado, assim como atualmente existem os sistemas Dual-Zone e Quad-Zone em que é possível controlar a temperatura de forma individual em duas ou mais áreas do mesmo habitáculo.

### 3 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

#### 3.1 Montagem Estrutural da Giga de Teste

O giga de teste foi montado em um carrinho metálico representado na figura 16, para facilitar a locomoção, onde foram soldados todos os suportes necessários para fixação dos componentes do sistema de climatização veicular: compressor de ar condicionado, condensador, caixa de ar. Além do motor elétrico que fará a função de tracionar o compressor. Esta Giga de teste foi projetado para facilitar a montagem e desmontagem de todos os componentes individualmente, possibilitando a troca durante os testes.

Figura 16 – Parte estrutural da Giga



Fonte: (Elaborado pelo próprio autor, 2017)

Todas as laterais são fechadas com tela para proteger, caso alguma peça se solte acidentalmente e evitar que alguém possa colocar a mão em contato com as peças rotativas segundo as normas NR10.



As dimensões foram pensadas para facilitar a entrada da giga de teste dentro da sala de aula, para que possa ser usado em treinamentos.

### **3.2 Materiais Utilizados**

Motor elétrico trifásico de 2CV, 1,5KW, 60HZ e 3445RPM. Este motor possui uma polia que gira acoplada ao eixo central do motor, que por sua vez traciona uma correia que está acoplada ao compressor elétrico, hoje esta relação é 1:1.

Compressor de ar condicionado é o modelo de pistões, mais comum em todos os veículos por conta da sua eficiência e baixa manutenção, alcança níveis altos de pressão ideal para sistemas que trabalham com fluido R134a.

Caixa de ar utilizada é de um caminhão Atego 1719, foi escolhido este por conta de seu ventilador mais potente.

Condensador utilizado de um Accelo 1016, foi escolhido este por conta de seu tamanho mais compacto.

Ventilador de Actros 510, ele é utilizado no veículo para refrigeração do sistema hidráulico, na giga de teste tem a função de substituir a ventoinha do motor de carro de passeio.

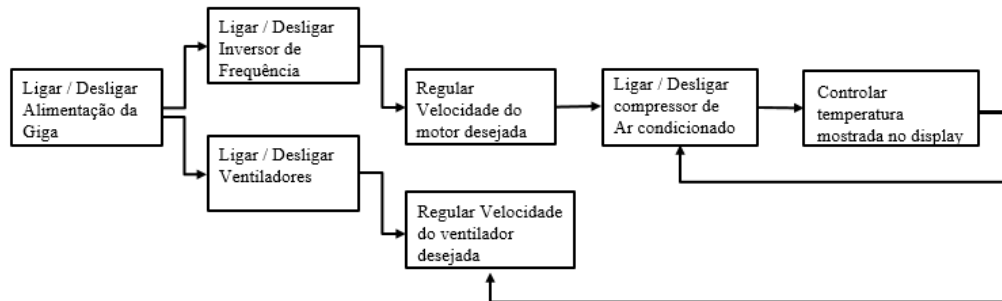
Filtro secador de Atego, foi escolhido este por conta da sua performance em acumular fluido refrigerante.

Placa com microprocessador PIC 18F4550, circuito impresso desenvolvido na Fatec Santo André, durante as aulas de gerenciamento de motor com o professor Edson Kitane.

### **3.3 Desenvolvimento do Sistema Eletrônico**

O sistema eletrônico é fundamental para fazer novas interações que possibilite tornar o sistema mais inteligente, por conta de tempo, neste projeto focamos na construção da giga de teste, tornando possível coletar os dados necessários para realizar estas interações. Conseguimos um pequeno progresso nesta fase do projeto e para entender melhor o sistema eletrônico vamos utilizar um diagrama de blocos como podemos observar na figura 17.

Figura 17 - Diagrama de blocos



Fonte: (Elaborado pelo próprio autor, 2017)

A caixa de disjuntores e a tomada para ligar a rede trifásica 220V da rede até a giga de teste, funciona perfeitamente, o inversor de frequência que estava montado inicialmente era trifásico 380V e não funcionou na oficina da Fatec, sendo assim necessário a substituição do mesmo por um compatível com a rede.

A fonte de alimentação dos ventiladores e do compressor teve que ser de 24V, pois todos os componentes utilizados são de caminhão que utiliza duas baterias de 12V. Portanto só funcionam com tensão de alimentação e 24V.

### 3.4 Hardware

#### 3.4.1 Fontes chaveada 24V - 20A

Inicialmente projetamos e construímos uma fonte chaveada de 8A, porém depois que finalizamos o projeto e colocamos em pleno funcionamento, percebemos que não estávamos atingindo a eficiência desejada, o ventilador (Ventoinha) não conseguia fazer a troca termina adequadamente, e o fluxo de ar da caixa de ar não estava satisfatório, percebemos que a corrente consumida pelos ventiladores era maior do que a fonte conseguia fornecer, então compramos uma fonte chaveada de 20A, como podemos observar na figura 18, pois a soma de todos os consumidores do sistema, Compressor, ventiladores, e placa de gerenciamento consumia em torno de 16A. Esta fonte atendeu plenamente a demanda energética exigida, seu sistema de ventilação permitiu funcionar por um período longo sem danificar o equipamento.

Figura 18 - Fonte chaveada 24V – 20A

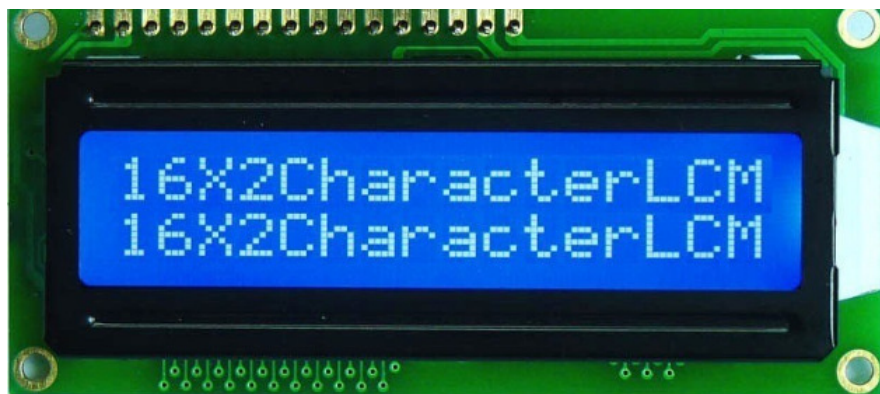


Fonte: (Elaborado pelo próprio autor, 2017)

### 3.4.2 Displays de LCD (16x2)

O display de LCD representado na figura 19, possui duas linhas com 16 caracteres cada uma. Seu drive de controle interno permite uma comunicação paralela, passando os comandos e caracteres que desejamos escrever.

Figura 19 – Display LCD 16x2



Fonte: (Elaborado pelo próprio autor, 2017)

Os pinos 1 e 2 (VSS e VDD) são relativos à tensão de alimentação do display e devem ser ligados a uma tensão de alimentação de 5V DC.

O pino 3 (V0) é utilizado para o controle de contraste do display e é ligado ao centro do potenciômetro de 10k e suas extremidades aos pinos 1 e 2 (VSS e VDD).

O pino 4 (RS) é utilizado para definirmos o tipo de informação passada através da comunicação paralela. (0 = comando ou instrução / 1 = a informação é um dado).

O pino 5 (R/W) muda o estado do LCD (0 = operação escrita / 1 = operação de leitura).

O pino 6 (E) é utilizado para efetivar a leitura da informação escrita no barramento de dados. Essa leitura é efetuada na borda de descida deste sinal.

Os pinos 11,12,13 e 14 (DB4 ao DB7), equivalem ao barramento de dados paralelos. Os pinos 7, 8,9 e 10 ficam desligados devido o display poder operar com apenas quatro vias.

O pino 15 (A) é o anodo utilizado na alimentação backlight. O pino 16 (K) é o catodo utilizado como terra da iluminação.

### **3.5 Projeto da placa**

Uma conexão USB possibilita que o PIC 18F4550 seja gravado na própria placa padrão através do software “bootloader”, que nada mais é do que um programa fornecido pelo professor orientador e carregado na memória do PIC, ele é chamado todas as vezes que a CPU é iniciada, onde durante a execução do bootloader, o programa verifica se há comunicação via USB entre o PIC e um aplicativo de carregamento e caso haja comunicação, o PIC entra em modo de gravação via dados enviados pela porta USB. Esse aplicativo roda em PIC sem necessidade de instalação, o que acaba favorecendo seu uso.

No pino 1 (VCC de alimentação do PIC) está conectado uma chave seletora, que permite a escolha da fonte de alimentação ou conectar o gravador ICSP para poder gravar o bootloader pela primeira vez. Com o botão de reset acionado o programa reinicia e a entrada USB é monitorada por 7 segundos, caso haja uma conexão com o programa

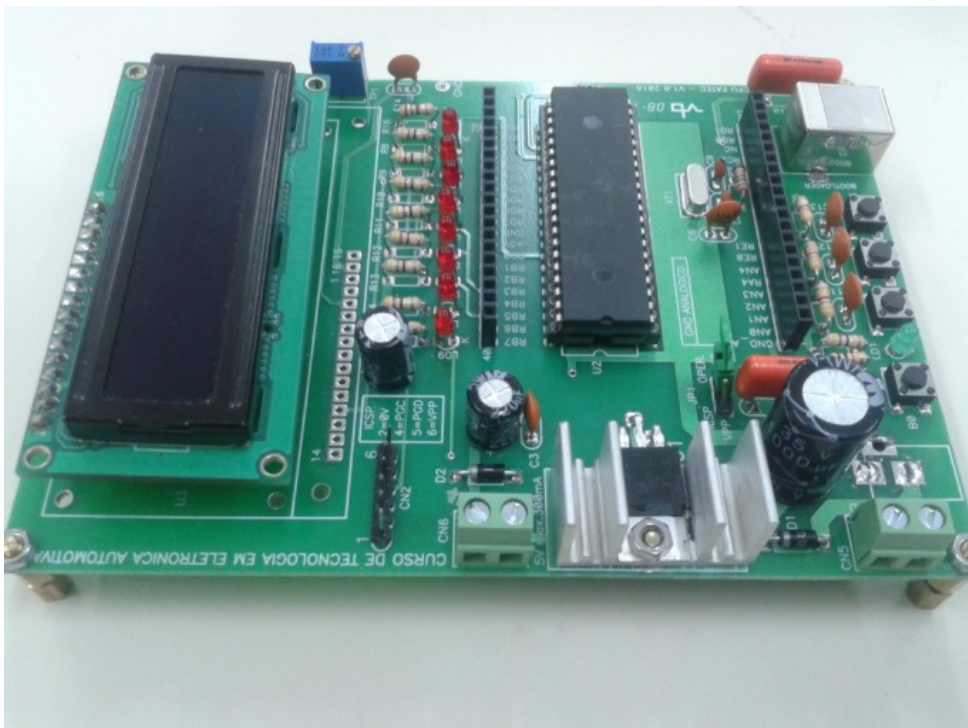
bootloader, automaticamente o PIC fica pronto para receber o novo código, mas se após os 7 segundos nenhuma conexão for feita o PIC inicia o código já gravado anteriormente.

O cristal está conectado nos pinos 13 (OSC1) e 14 (OSC2) do PIC e ligado em paralelo com dois capacitores cerâmico de 15pf e um resistor de 1 Mega. A principal função do cristal é gerar o sinal do clock de 20MHZ para que o PIC funcione.

Os pinos 19 (RD0), 20 (RD1), 21 (RD2), 27 (RD4), 28 (RD5), 29 (RD6), 30 (RD7) enviam os sinais de comando do PIC para o Display LCD.

Os cálculos são realizados pelos algoritmos de programação do PIC, os sinais são convertidos de analógicos em digitais para realizar as operações matemáticas para serem disponibilizado no LCD para leitura visual. Confira a montagem da placa na figura 20.

Figura 20 – Placa PIC 18F4550



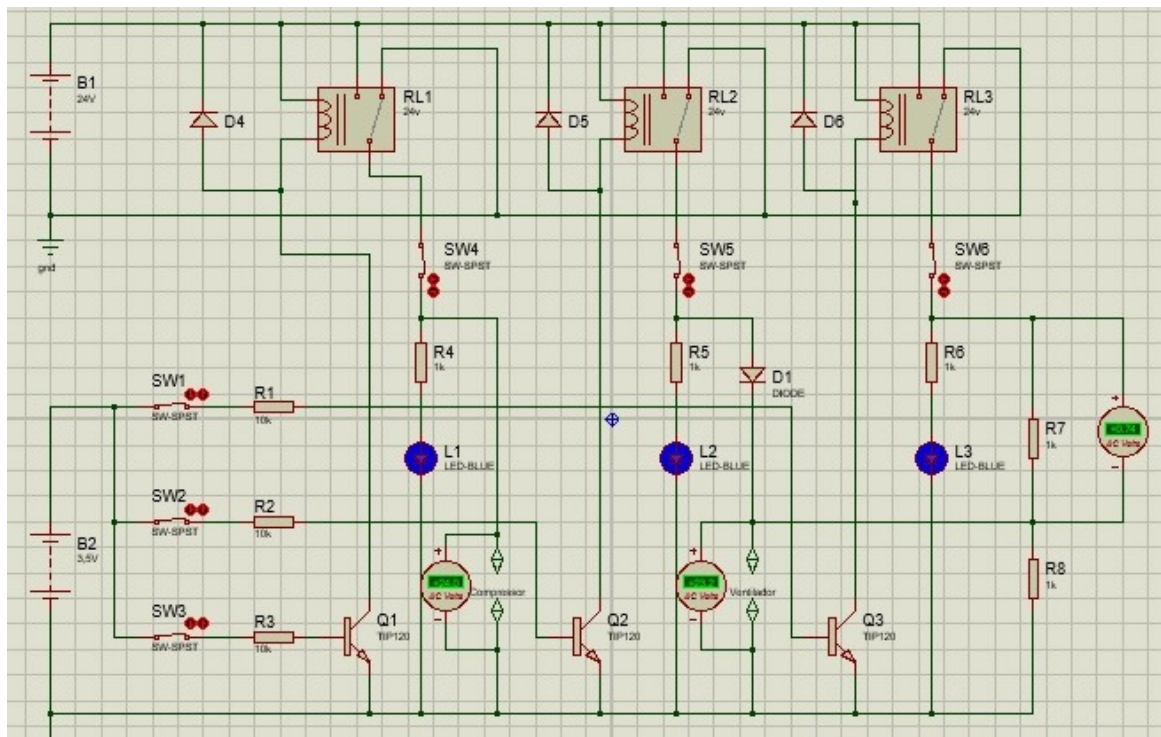
Fonte: (Elaborado pelo próprio autor, 2017)

### 3.6 Circuito de Controle Compressor e Ventilador

Trata-se de um circuito de controle I/O (Liga / Desliga) com relação ao Compressor e Ventilador estágio I e II, que irá atuar interligado com a placa de gerenciamento eletrônico da Giga de teste, que irá através dos sensores coletar os dados e enviar o sinal para que o compressor do sistema e ventilador ligue ou desligue de acordo com a temperatura desejada.

O circuito foi projetado para funcionar com uma tensão de 24v a mesma alimentação dos equipamentos da giga de teste, por conta de todos os componentes serem de veículos comercial, sendo atuado pelo transistor TIP121, que jogando uma tensão na sua base de 3v através do PIC passa a conduzir realizando o fechamento dos relês, ligando o compressor e ventilador, como podemos observar na figura 21.

Figura 21 – Circuito de Controle I/O



Fonte: (Elaborado pelo próprio autor, 2017)

Circuito acima foi desenvolvido através do Software Proteus 8, onde podemos realizar testes virtualmente e posteriormente montado e testado na prática em um Protoboard. E posteriormente a montagem final conforme fotos abaixo, notamos que ao jogar um sinal de 2,8v para acionamento do transistor não tinha uma precisão para acionamento dos relês, o que com 3v foi efetivo no acionamento com maior precisão.

Este circuito foi projetado e simulado no computador, posteriormente foi construído um circuito para realizar os trabalhos propostos, como podemos observar na figura 22. Os primeiros testes em bancada funcionaram perfeitamente, ao ligar um sinal que seria do PIC o relê abre conduzindo corrente para atuar nos componentes desejados, depois de muitas montagens e desmontagens, muitas idas e vindas da Fatec, alguma trilha do circuito deve ter se rompido e não funcionou como deveria, por conta disso esta parte do projeto foi retirada e não faz parte da apresentação. Fica como proposta futura e sugestão para quem for realizar um trabalho grande como este que se preocupe sempre com a robustez do equipamento, pois nunca sabemos os problemas que podemos enfrentar e é melhor sempre estar preparado para qualquer situação.

Figura 22 – Quadro com Circuito de Controle I/O



Fonte: (Elaborado pelo próprio autor, 2017)

Para realização de testes, simulando falhas eventuais como quebra do ventilador ou compressor projetamos um circuito de acionamento manual como podemos observar na figura 23, interligado com circuito de controle I/O informado anteriormente, dessa forma de maneira segura conseguimos ligar ou desligar o compressor e ventilador nos estágios

I e II verificando o que pode influenciar na eficiência de um sistema de climatização veicular.

Figura 23 – Circuito de Acionamento Manual



Fonte: (Elaborado pelo próprio autor, 2017)

### 3.7 TESTES PRÁTICOS

#### 3.7.1 Procedimentos de Teste

Os procedimentos de testes são necessários para evitar possíveis falhas de software ou hardware, acidentes e interferências no resultado final dos testes.

Todos os testes foram feitos em bancada com osciloscópio, fonte de alimentação (24 +VCC) e multímetro.

É aconselhável seguir os passos a seguir para a realização do teste em bancada.

Ajustar a fonte de alimentação em 24 Volts, 3 amperes;

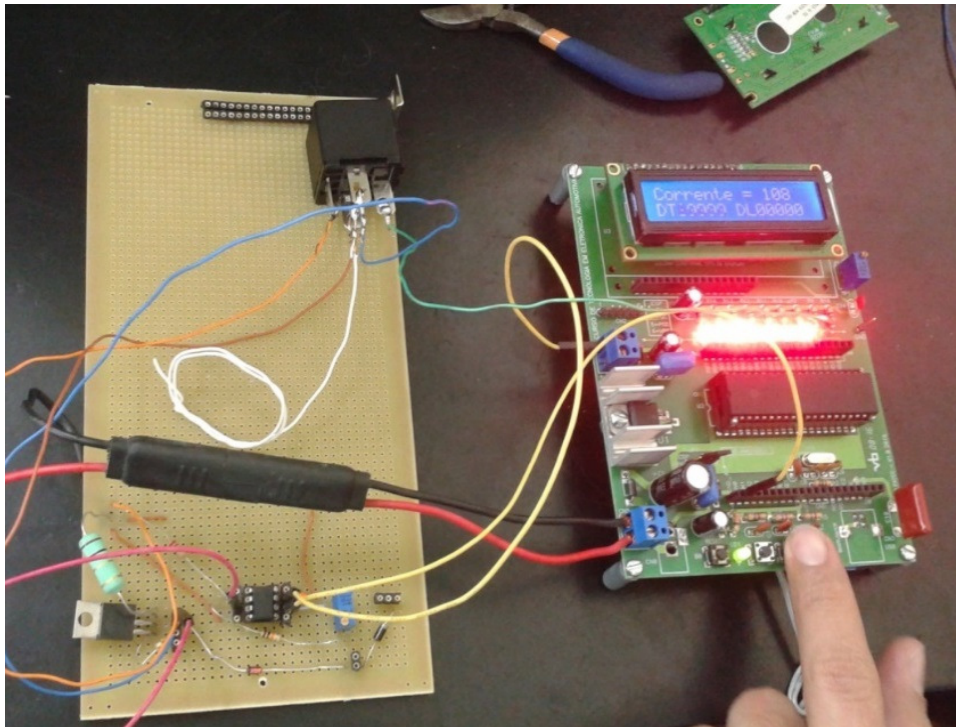


É importante gravar o primeiro programa de teste da placa para verificar possíveis falhas, pois este programa visa testar todos as saídas e botões, ficando fácil notar qualquer problema.

### 3.7.2 Teste do Relé

O circuito mostrado na figura 24 é um Drive de Potência que foi desenvolvido para realizar o teste no Relé.

Figura 24 – Placa montada para Teste Relé



Fonte: (Elaborado pelo Próprio Autor, 2017)

O Pino 2 AN0 é usado para medir a corrente de gerada pela Bobina de Campo do Relé, o pino 37 RB4 vai ligar um botão que fará o incremento das variáveis de tempo, pino 38 RB5 vai ligar um botão decremento das variáveis de tempo, pino 39 RB6 é botão que liga o relé pelo Dwell Time programado, pino 36RB3 liga no Gate do transistor que fará o acionamento da bobina do relé, conforme o tempo definido na variável Dwell Time.

O Relé é alimentado com 24v da Fonte, e o TIP121 fecha o circuito para carregar a bobina, para medir a corrente que passa pelo Resistor R3 é necessário um amplificador

de sinal para aumentar o sinal gerado de modo que seja possível medir o seu valor que é muito pequeno.

### **3.7.3 Software Desenvolvido em Linguagem C**

Foi preciso desenvolver um software em linguagem C que fizesse a comunicação via porta USB com o computador para que fosse possível programar e testar o programa imediatamente. Os sinais coletados são tratados dentro do PIC e transformados em sinal digital para ser enviada ao display digital, de modo que o usuário possa ver a temperatura interna e externa do habitáculo e fazer as devidas observações. O programa também aciona os reles que ligam e desligam o compressor de ar condicionado, para iniciar o funcionamento, o ventilador que faz a troca de calor forçada.

Como já foi dito, o circuito de atuador não funcionou corretamente, por conta disto o programa não foi utilizado, já que o PIC necessita do circuito com os relês para atuar nos ventiladores e compressores. Fica como proposta futura construir um software que torne o sistema o mais automático possível, para explorar ao máximo sua eficiência energética.

#### 4 RESULTADOS OBTIDOS

O conhecimento teórico foi de fundamental importância para o desenvolvimento da giga de teste, sem ele não seria possível solucionar diversos problemas que surgiram durante o projeto. Primeiramente o posicionamento de todos os componentes do sistema de climatização veicular, compactar todos os componentes em uma área de 1,1m<sup>3</sup> não foi fácil, entender as características de cada parte do sistema para que uma não interfira no funcionamento da outra.

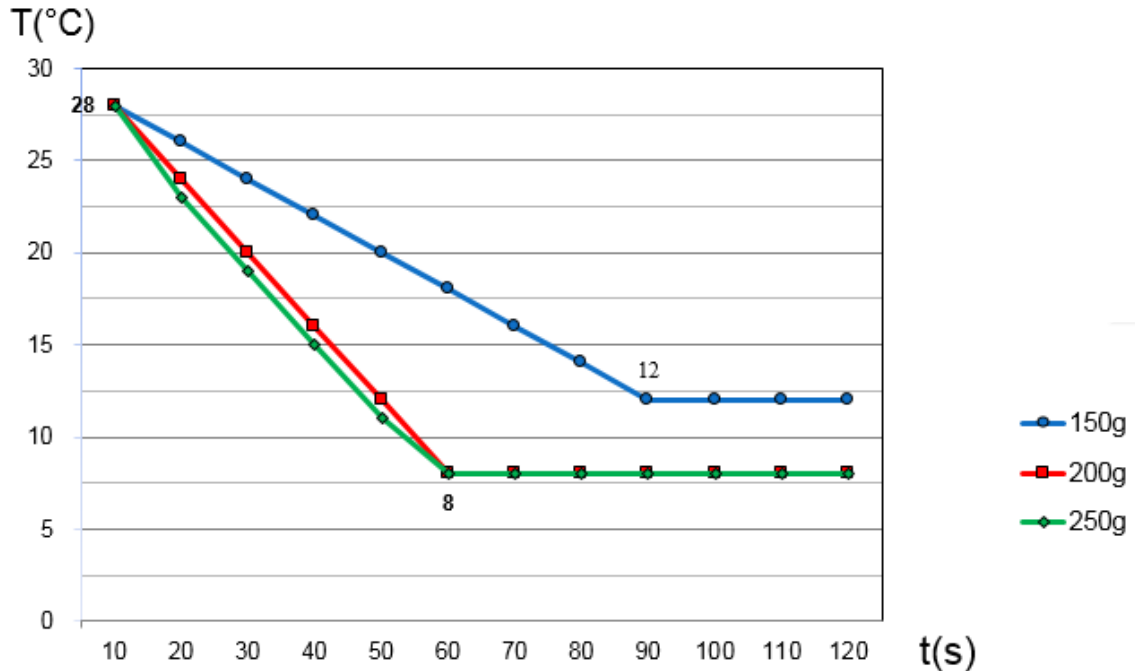
Depois de resolver os problemas de geometria foi necessário equalizar a corrente consumida pelo sistema. Inicialmente prevíamos um consumo de corrente de aproximadamente 8A, porém depois que colocamos a carga de fluido refrigerante todo o sistema teve que ser equalizado para continuar funcionando e chegou em 14,5A, foi necessário a compra de uma fonte chaveada de 20A para suprir esta demanda de corrente, depois de montada tudo funcionou perfeitamente.

O principal problema foi o motor elétrico, que era o único disponível para ser utilizado, só depois de ser exigido em plena carga, percebemos que não seria suficiente para tracionar o compressor com carga máxima, equalizamos a quantidade de fluido refrigerante para que o motor pudesse tracionar o compressor com mais eficiência sem aquecer excessivamente, como mostra a figura 25, foram testadas várias possibilidades de carga e chegamos a condição ideal de trabalho que é 250g de fluido refrigerante R134a.

Com mais de 250g o sistema exige mais carga do motor que aumenta o consumo de corrente e aquece, desligando o disjuntor. Com menos de 200g de carga o sistema funciona, porém demora mais para chegar na temperatura desejada, o que inviabiliza o projeto.

Caso o motor seja trocado por um motor mais forte, poderemos colocar mais carga e fazer com que o tempo de resfriamento seja menor.

Figura 25 – Setup para abastecimento de fluido refrigerante



Fonte: (Elaborado pelo Próprio Autor, 2017)

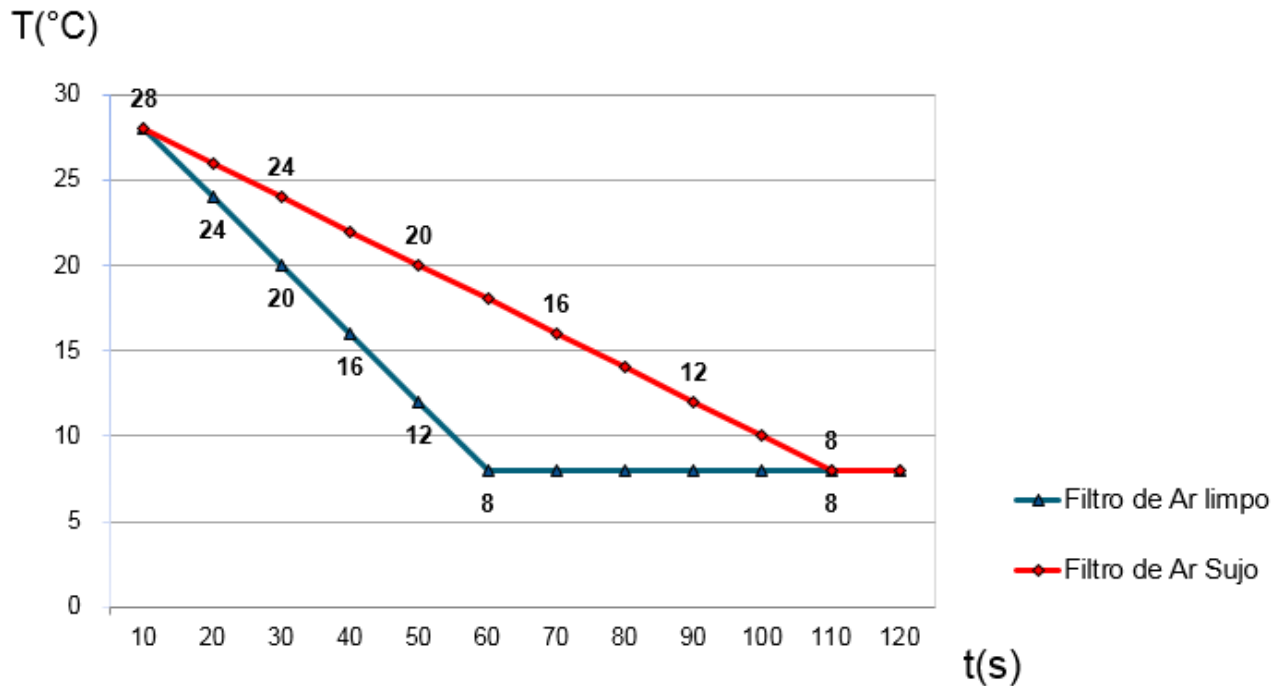
Um teste que foi realizado com sucesso é o de filtro da cabina, onde percebemos que o filtro limpo permite um maior fluxo de ar para dentro da cabina, tornando a troca térmica mais eficiente, quando o filtro está sujo ele acaba obstruindo a passagem de ar, interrompendo o fluxo de ar para dentro da cabina, o que corrobora para diminuição da eficiência térmica, pois com menor fluxo de ar, ocorre menos troca térmica. Fazendo com que o tempo e resfriamento aumente consideravelmente, como mostra a figura 26.

Trocar o filtro da cabina periodicamente, como manda o manual do veículo, além de contribuir para limpeza e higienização do ar dentro do veículo, contribui também para manter a eficiência de resfriamento, em carros com sistema de climatização automático ele ajudará a economizar combustível, pois quando a temperatura interna atinge a temperatura desejada ele desliga o compressor.

Com o filtro limpo a temperatura interna diminui mais rapidamente, chegando na temperatura mínima de 8° C em menos tempo do que quando colocamos o filtro sujo.

Sendo assim, o compressor teve que funcionar mais tempo para atingir a mesma temperatura, o que colabora para aumentar o consumo de combustível.

Figura 26 – Teste de filtro de ar da cabina



Fonte: (Elaborado pelo Próprio Autor, 2017)

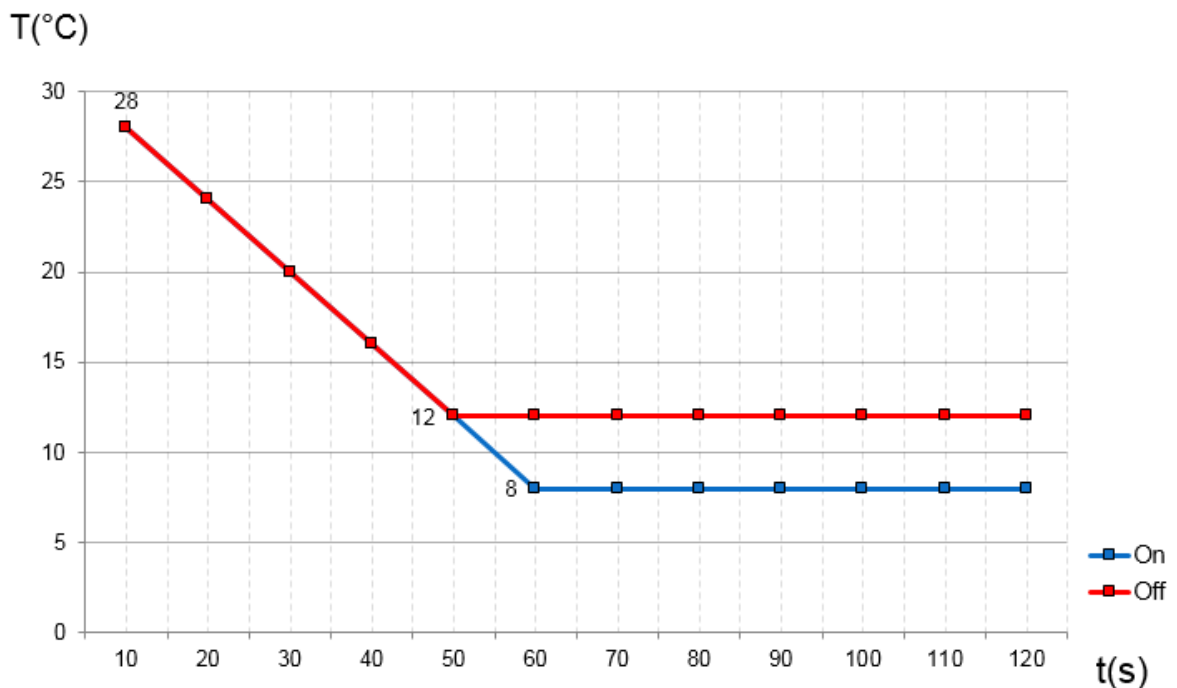
Contudo a giga de teste funcionou perfeitamente atendendo ao seu propósito que é simular o funcionamento de um sistema de climatização e possíveis defeitos. Como a caixa de acrílico reduziu a área a ser resfriada, ficou mais fácil perceber as variações de temperaturas.

Outro teste bem-sucedido foi o de funcionamento do ventilador, como mostra a figura 27. Onde desligamos o ventilador para saber o quanto ele influenciaria na troca térmica.

Com o ventilador ligado o sistema conseguiu atingir a temperatura mínima de 8°C em um minuto, com o ventilador desligado a troca termina no condensador ficou prejudicada e o sistema de climatização ficou estagnado na temperatura de 12°C, se o sistema ficasse ligado por mais tempo, poderia até aumentar esta temperatura para 13°C, 14°C, assim por diante.

A giga de teste conseguiu mostrar que nos veículos que utilização um ventilador auxiliar só para o ar condicionado, terão maior eficiência na troca térmica e nos veículos que utilização o mesmo ventilador para resfriar o motor e o condensador, nos momentos em que o ventilador não estiver girando a troca térmica vai ficar comprometida, se o ventilador ficar desligado por períodos muito intensos, esta diferença será perceptível pelos ocupantes do veículo.

Figura 27 – Funcionamento do ventilador



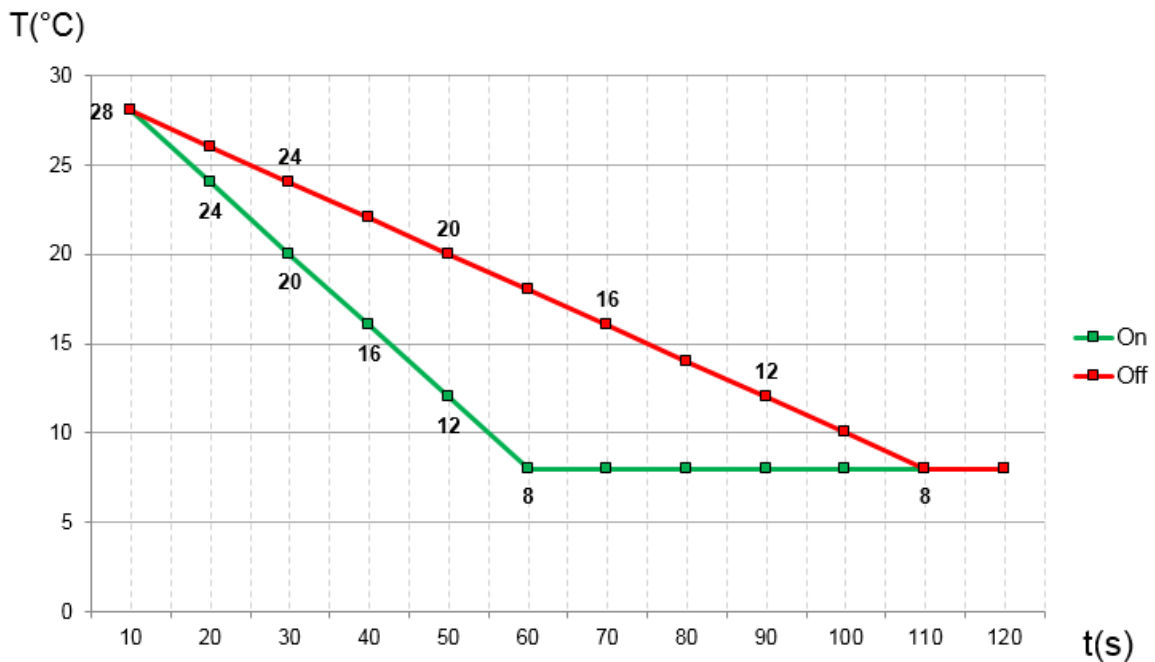
Fonte: (Elaborado pelo Próprio Autor, 2017)

O último teste executado foi a simulação de troca térmica com o ambiente externo. Que pode ocorrer por vários motivos, janelas e teto solar abertos, por falhas na vedação das portas e janelas ou até mesmo pelo sistema de recircular do sistema de climatização desligado.

Nunca se deve utilizar nenhum sistema de climatização com portas e janelas aberto, nem mesmo em residências. Isso todos nós já sabemos. O que vamos tratar aqui é sobre o recircular de ar do sistema de climatização veicular ligado ou desligado.

Quando o recircular está ligado ele direciona o ar que já está dentro do veículo a passar novamente pelo evaporador, como ele já foi resfriado previamente a sua troca térmica será menos brusca, tornando a queda de temperatura mais rápida, como mostra a figura 28.

Figura 28 – Troca de calor com ambiente externo



Fonte: (Elaborado pelo Próprio Autor, 2017)

Além de preservar a durabilidade do filtro de ar, já que não haverá passagem de ar por ele. O recircular deve ser ligado sempre que estiver em ambiente muito sujo, como por exemplo atrás de caminhões, congestionamentos intensos, principalmente em tuneis.

Deve-se atentar também para a higiene interna do veículo, pois se o veículo estiver muito sujo ele vai fazer esta poeira circular dentro do veículo. Neste caso é melhor desligar o recircular e deixar que o ar passe pelo filtro de ar da cabina, assim ficara mais limpo.

## 5 CONCLUSÃO

Após a conclusão deste trabalho e a realização dos testes, podemos concluir que a Giga de teste é um equipamento portátil, de baixo custo, de fácil manutenção e muito eficiente para promover o estudo do funcionamento do sistema de climatização veicular, possibilitando visualizar o funcionamento e os efeitos dos fluidos dentro do sistema veicular, podendo futuramente coletar informações de pressão e temperatura de modo automático aumentando a sua precisão na coleta de dados. Conseguimos realizar a simulação de possíveis defeitos e com isto adquirimos maior conhecimento do sistema de climatização veicular, de modo que podemos mostrar e comprovar por exemplo, que falta de manutenção básica do veículo e no sistema de climatização, tais como troca do filtro de ar, vedação das portas e janelas, falha na ventoinha e vazamento de gás refrigerante influência diretamente no seu funcionamento. O equipamento foi um ponto inicial para que os alunos da Fatec Santo André possam a partir de agora estudar e praticar o sistema de climatização veicular com mais profundidade, acreditamos que surgiram muitos trabalhos posteriores a este. Esta foi nossa pequena contribuição para devolver um pouco de tudo aquilo que nos foi ensinado.

As sugestões para melhorias futuras são:

- Implantar um sistema de controle eletrônico que possa tornar o sistema automático.
- Instalação dos sensores de pressão.
- Colocar eletrônica embarcada para poder mudar parâmetros através de botões.
- Desenvolver uma plataforma gráfica que facilite a visualização dos valores.



## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] BARBOSA, S.B. (2011), Painel Central de Mostradores para Automóveis: análise históricas e tendências futuras do produto. Universidade Federal de Santa Catarina.
- [2] MOYSÉS, H.N. (1933), Curso de Física Básica 2, 3ª edição – Fatec Santo André, São Paulo.
- [3] SILVA, Marcelino Nascimento da; Eficiência Energética em Sistemas de Refrigeração Industrial e Comercial, editado por Eletrobrás / Procel e o consórcio Efficientia / Fupai, 2005.
- [4] Site:(<http://k2arcondicionado.com.br/article/compressor-vauvula-reguladora-vazao-eletronica.html>)
- [5] Site:( [http://www.mma.gov.br/estruturas/ozonio/\\_arquivos/enio\\_130.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/ozonio/_arquivos/enio_130.pdf))
- [6] Site:( [http://www.mma.gov.br/estruturas/ozonio/\\_arquivos/enio\\_130.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/ozonio/_arquivos/enio_130.pdf))
- [7] FORMASARI, Adriano José (2016), Sistema de controle de temperatura de ar condicionado automotivo.
- [8] BANDARA, Ênio (2016), Uso de Fluidos Refrigerantes Alternativos em Sistemas de Ar Condicionado Automotivo.

**FICHA CATALOGRÁFICA**

C826g

Corsi, Henrique Gustavo Monteiro

Ferreira, Jorge Henrique dos Santos

Giga de teste para sistemas de climatização veicular / Henrique Gustavo Monteiro  
Corsi, Jorge Henrique dos Santos Ferreira. – Santo André, 2017 – 65 F: 30 il.

Trabalho de conclusão de curso – Fatec – Santo André

Curso de Eletrônica Automotiva, 2017.

Orientador: Prof. Msc. Luis Roberto Kanashiro

1. Climatização veicular. 2. Eletrônica automotiva. 3. Veículos. 4. Desenvolvimento de novas tecnologias. I. Ferreira, Jorge Henrique dos Santos. II. Giga de teste para sistemas de climatização veicular.

621.389